

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Ryo KAWAHARA et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Filed Herewith

FOR: OPTICAL AMPLIFYING METHOD, OPTICAL AMPLIFYING APPARATUS, AND OPTICAL AMPLIFIED TRANSMISSION SYSTEM USING THE APPARATUS

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):  
Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-034135	2/12/2003
Japan	2003-397952	11/27/2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

Kanichiro Yamamoto  
Kanichiro Yamamoto  
Furukawa Electric North America, Inc.  
1800 Diagonal Rd. Suite 600  
Alexandria, VA 22314  
Tel (703)684-4478  
Fax (703)684-4480

Under limited recognition attached hereto

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年 1 1 月 2 7 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 3 9 7 9 5 2  
Application Number:

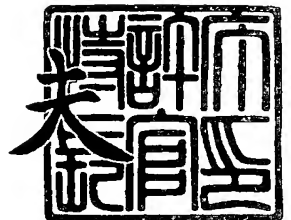
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 3 9 7 9 5 2 ]

出 願 人            古河電気工業株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 2 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 6 8 6 5

【書類名】 特許願  
【整理番号】 0300133  
【提出日】 平成15年11月27日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H04J 14/02  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内  
    【氏名】 河原 亮  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内  
    【氏名】 加木 信行  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内  
    【氏名】 関谷 建作  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000005290  
    【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100089118  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 酒井 宏明  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2003- 34135  
    【出願日】 平成15年 2月12日  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 036711  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0103421

## 【書類名】特許請求の範囲

## 【請求項 1】

少なくとも 1 つの光増幅器が光伝送路に接続され、該光伝送路を介して入力する光信号を該光増幅器で増幅するとともに、当該光伝送路上の光信号の光パワーを検出し、該検出した光パワーに応じて、前記光増幅器の利得を制御する光増幅方法において、

前記光増幅器の光入出力パワーを検出する光検出工程と、

前記検出された光入出力パワーに基づき、前記光増幅器の利得と目標利得との偏差を求める偏差算出工程と、

利得一定制御手段によって、当該偏差の比例演算および積分演算を行い、前記光増幅器に内蔵された少なくとも一つの励起 LD の駆動電流を算出する P I 工程と、

前記算出された駆動電流値に基づく前記励起 LD の電流制御によって、前記光増幅器の利得を制御する制御工程と、

を含むことを特徴とする光増幅方法。

## 【請求項 2】

少なくとも 1 つずつの光増幅器と波長合分波手段が光伝送路にそれぞれ接続され、該光伝送路を介して入力する光信号を該光増幅器で増幅するとともに、当該光伝送路上の光信号の光パワーを検出し、該検出した光パワーに応じて、前記光増幅器の利得を制御する光増幅方法において、

少なくとも 1 つの波長合分波手段が前記光伝送路に接続され、該光合分波手段によって、前記光伝送路に所定波長の光信号を入出力させる波長合分波工程と、

前記光増幅器の光入出力パワーを検出する光検出工程と、

前記検出された光入出力パワーに基づき、前記光増幅器の利得と目標利得との偏差を求める偏差算出工程と、

利得一定制御手段によって、当該偏差の比例演算および積分演算を行い、前記励起 LD の駆動電流を算出する P I 工程と、

前記算出された駆動電流値に基づく前記励起 LD の電流制御によって、前記光増幅器の利得を制御する制御工程と、

を含むことを特徴とする光増幅方法。

## 【請求項 3】

前記光増幅方法では、前記光増幅器への光入力パワーを検出し、該検出結果に応じて、前記利得一定制御手段の制御定数を調整する調整工程を、

さらに含み、前記 P I 工程では、前記制御定数が調整された前記利得一定制御手段で前記励起 LD の駆動電流を算出することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光増幅方法。

## 【請求項 4】

前記調整工程では、前段の装置からの前記光入力パワーまたは前記前段の装置における波長合分波手段の光信号の入出力によって変化する前記光入力パワーを検出し、該検出結果に応じて、前記利得一定制御手段の制御定数を調整することを特徴とする請求項 3 に記載の光増幅方法。

## 【請求項 5】

前記調整工程では、前記制御定数として、利得一定制御手段内の比例回路の比例倍率を調整することを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の光増幅方法。

## 【請求項 6】

光伝送路を介して入力する光信号を増幅する少なくとも 1 つの光増幅器と、前記光伝送路上の光信号の光パワーを検出する光パワー検出手段と、該検出された光パワーに応じて、前記光増幅器の利得を一定に制御する利得一定制御手段とを有し、前記光伝送路上の光信号を増幅する光増幅装置において、

前記光増幅器の利得を検出する利得検出手段と、

前記検出された利得と、目標利得との偏差を求める偏差算出手段と、

前記算出された偏差の比例演算および積分演算を行って、前記励起 LD の駆動電流を算

出し、かつ該算出した駆動電流値に基づく前記励起LDの電流制御によって、前記光増幅器の利得を制御する利得一定制御手段と、  
を備えたことを特徴とする光増幅装置。

【請求項7】

光伝送路を介して入力する光信号を増幅する少なくとも1つの光増幅器と、前記光伝送路上の光信号の光パワーを検出する光パワー検出手段と、該検出された光パワーに応じて、前記光増幅器の利得を一定に制御する利得一定制御手段とを有し、前記光伝送路上の光信号を増幅する光増幅装置において、

前記光伝送路に所定波長の光信号を入出力させる波長合分波手段と、

前記光増幅器の利得を検出する利得検出手段と、

前記検出された利得と、目標利得との偏差を求める偏差算出手段と、

前記算出された偏差の比例演算および積分演算を行って、前記励起LDの駆動電流を算出し、該算出した駆動電流値に基づく前記励起LDの電流制御によって、前記光増幅器の利得を制御する利得一定制御手段と、

を備えたことを特徴とする光増幅装置。

【請求項8】

前記光増幅装置は、

前記光パワー検出手段で検出された前記光増幅器への光入力パワーの検出結果に応じて、前記利得一定制御手段の制御定数を調整する調整手段を、

さらに備え、前記制御定数が調整された利得一定制御手段は、前記光パワー検出手段で検出された光入出力パワーに応じて、前記光増幅器の利得を制御することを特徴とする請求項6または7に記載の光増幅装置。

【請求項9】

前記調整手段は、前記光パワー検出手段によって検出された前段の装置からの前記光入力パワーまたは前記前段の装置における前記波長合分波手段の光信号の入出力によって変化する前記光入力パワーの検出結果に応じて、前記利得一定制御手段の制御定数を調整することを特徴とする請求項8に記載の光増幅装置。

【請求項10】

前記利得一定制御手段は、前記光増幅器の利得と目標利得の偏差と比例倍率とを演算する比例回路を有し、

前記調整手段は、制御定数として、前記比例回路の比例倍率を調整することを特徴とする請求項8または9に記載の光増幅装置。

【請求項11】

光伝送路を介して入力する光信号を増幅する少なくとも1つの光増幅器と、前記光伝送路上の光信号の光パワーを検出する光パワー検出手段と、該検出された光パワーに応じて、前記光増幅器の利得を一定に制御する利得一定制御手段とを有し、前記光伝送路上の光信号を増幅する光増幅装置において、

前記光パワー検出手段で検出された前記光増幅器からの光出力パワーの検出結果に応じて、前記利得一定制御手段の制御定数を調整する調整手段

を備えたことを特徴とする光増幅装置。

【請求項12】

光伝送路に多段接続された光増幅装置で、前記光伝送路に伝搬される光信号を増幅して中継する光増幅中継システムにおいて、

前記請求項6～11のいずれか一つに記載の光増幅装置を少なくとも1つ備えたことを特徴とする光増幅中継システム。

**【書類名】明細書****【発明の名称】** 光増幅方法、その装置およびその装置を用いた光増幅中継システム**【技術分野】****【0001】**

本発明は、光増幅器の利得を制御する利得一定制御回路の制御定数を調整する光増幅方法、その装置およびその装置を用いた光増幅中継システムに関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

従来の光増幅装置 10 では、たとえば図 19 に示すように、光伝送路 1 上に接続された光増幅器 11 を備えており、この光増幅器 11 に入力される光信号およびこの光増幅器 11 およびエルビウム添加ファイバ (EDF) 12 を介して出力される光信号を光カップラ 13, 14 でそれぞれ分岐させた後、受光ダイオード (PD) 15, 16 でその光入力パワーおよび光出力パワーを検出している。そして、モニタ回路 17, 18 では、この光入力パワーおよび光出力パワーは光パワーに応じた電圧値に変換され、その電圧値が制御回路 19 に出力される。この制御回路 19 は、これらの電圧値に基づいて励起レーザダイオード (励起 LD) 20 を制御して、光増幅器 11 の利得一定制御 (AGC 制御) を行い、この光増幅器 11 の利得を所望の値に制御している。

**【0003】**

このような光伝送システムには、1 心の光伝送路に波長の異なる複数の光信号を波長多重して同時に伝送する WDM システムがある。この WDM システムでは、この光伝送路上に設けられた複数の光増幅装置で光信号を光増幅した後に、シングルモード光ファイバ (SMF) や分散シフト光ファイバ (DSF) からなる光伝送路に送信していた。

**【0004】**

ところで、この AGC 制御を行う光増幅装置では、波長多重した光信号の波長数の変化などに伴い、光増幅器への光入力パワーが変化すると、利得を一定に保つように、光出力パワーを変化させている。しかしながら、この光入力パワーの変動時における光増幅器の過渡特性が不十分の場合には、図 20 (a) に示す光増幅器の光入力パワーの変化に対して、図 20 (b) に示すように、光出力パワーの変化が遅れてしまう。このような場合には、1 波当たりの光出力パワーが大きく変動してしまい (図 20 (c) 参照)、光入力パワー変動時の光信号の伝送品質を劣化させることがあった。

**【0005】**

そこで、従来では、たとえば特許文献 1 に示すように、AGC 制御回路が波長数の変化を検出して、光増幅器の利得を制御するまでの時間と、光信号が光増幅器に入力されるまでの時間とが等しい時間になるように、光伝送路上に光信号の伝搬を遅延させる遅延部を設けて、光増幅器の光出力パワーの変動が生じないように構成するものがあった。すなわち、光増幅装置 10 では、図 21 に示すように、光増幅器 11 の入力側の光カップラ 13 とこの光増幅器 12 との間の光伝送路上に、光信号の伝搬を遅延させる遅延部 21 を設け、AGC 制御回路 19 による利得制御に関わる時間と、光信号の伝搬時間を同じ時間にして、図 20 (b) に示した光出力パワーの変動が生じないようにしていた。

**【0006】**

**【特許文献 1】** 特開 2001-053682 号公報 (第 3-5 頁、図 1)

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

しかしながら、上記従来例では、光伝送路上の光信号を遅延させる遅延部に光ファイバを用いて遅延を行うので、この光ファイバの占有スペースが必要となるという問題点があった。また、光ファイバの分散に波長依存性があるため、遅延部での遅延時間に波長依存性が生じてしまい、広い波長範囲に複数の光信号が存在する WDM システムでは、過渡応答時の特性がチャネル間で異なる、という問題点もある。

**【0008】**

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであって、光ファイバの占有スペースを低減させて、装置の小型化を図ることができるとともに、運用中に光増幅器への光入力パワーが変化しても、AGC制御回路の制御定数を適切な値に調整して、光信号伝送の高速化および安定した制御を行うことができる光増幅方法、その装置およびその装置を用いた光増幅中継システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、少なくとも1つの光増幅器が光伝送路に接続され、該光伝送路を介して入力する光信号を該光増幅器で増幅するとともに、当該光伝送路上の光信号の光パワーを検出し、該検出した光パワーに応じて、前記光増幅器の利得を制御する光増幅方法において、前記光増幅器の光入出力パワーを検出する光検出工程と、前記検出された光入出力パワーに基づき、前記光増幅器の利得と目標利得との偏差を求める偏差算出工程と、利得一定制御手段によって、当該偏差の比例演算および積分演算を行い、前記光増幅器に内蔵された少なくとも一つの励起LDの駆動電流を算出するPI工程と、前記算出された駆動電流値に基づく前記励起LDの電流制御によって、前記光増幅器の利得を制御する制御工程とを含むことを特徴とし、光増幅器の光入出力パワーとから求めた利得と目標利得との偏差を算出し、この偏差に基づく比例積分制御を行って、前記励起LDの電流値(LD電流値)を算出し、この算出したLD電流値に応じて、光増幅器の利得を制御することで、1波当たりの光出力パワーの変動を小さく抑えて、伝送品質への影響を軽減するとともに、光ファイバの占有スペースを低減させて、装置のコンパクト化を図る。

【0010】

また、請求項2の発明は、少なくとも1つずつの光増幅器と波長合分波手段が光伝送路にそれぞれ接続され、該光伝送路を介して入力する光信号を該光増幅器で増幅するとともに、当該光伝送路上の光信号の光パワーを検出し、該検出した光パワーに応じて、前記光増幅器の利得を制御する光増幅方法において、少なくとも1つの波長合分波手段が前記光伝送路に接続され、該光合分波手段によって、前記光伝送路に所定波長の光信号を入出力させる波長合分波工程と、前記光増幅器の光入出力パワーを検出する光検出工程と、前記検出された光入出力パワーに基づき、前記光増幅器の利得と目標利得との偏差を求める偏差算出工程と、利得一定制御手段によって、当該偏差の比例演算および積分演算を行い、前記励起LDの駆動電流を算出するPI工程と、前記算出された駆動電流値に基づく前記励起LDの電流制御によって、前記光増幅器の利得を制御する制御工程とを含むことを特徴とし、OADM(Optical Add-Drop Multiplexer)などの波長合分波手段による所定波長の光信号の入出力によって変化する光入出力パワーをモニタして、この光入出力パワーとから求めた利得と目標利得との偏差を算出し、この偏差に基づく比例積分制御を行って、前記励起LDの電流値(LD電流値)を算出し、この算出したLD電流値に応じて、光増幅器の利得を制御することで、1波当たりの光出力パワーの変動を小さく抑えて、伝送品質への影響を軽減するとともに、光ファイバの占有スペースを低減させて、装置のコンパクト化を図る。

【0011】

また、請求項3の発明は、前記光増幅器への光入力パワーを検出し、該検出結果に応じて、前記利得一定制御手段の制御定数を調整する調整工程をさらに含み、前記制御工程では、前記制御定数が調整された前記利得一定制御手段で前記励起LDの駆動電流を算出することを特徴とし、光増幅器への光入出力パワーを検出してモニタし、このうちの光入力パワーに応じて利得一定制御回路中の制御定数を調整する機能を持つことで、運用中の光増幅器への光入力パワーの変化にも、対応した制御定数の調整が可能となり、これにより応答速度を速くし、制御回路の過渡特性を良くして、安定した光信号伝送を行う。

【0012】

また、請求項4の発明は、前記調整工程では、前段の装置からの前記光入力パワーまたは前記前段の装置における波長合分波手段の光信号の入出力によって変化する前記光入力

パワーを検出し、該検出結果に応じて、前記利得一定制御手段の制御定数を調整すること  
を特徴とし、前段の装置からの光入力パワーまたはOADMなどの波長合分波手段による  
所定波長の光信号の入出力によって変化する光入力パワーをモニタして、利得一定制御回  
路中の制御定数を調整することで、運用中の光増幅器への光入力パワーの変化にも、対応  
した制御定数の調整が可能となり、これにより応答速度を速くし、制御回路の過渡特性を  
良くして、安定した光信号伝送を行う。

**【0013】**

また、請求項5の発明は、前記調整工程では、前記制御定数として、利得一定制御手段  
内の比例回路の比例倍率を調整することの特徴とし、この制御定数は、比例回路の比例倍  
率からなり、この比例倍率を調整することで、応答速度を速くし、制御回路の過渡特性を  
良くして、安定した光信号伝送を行う。

**【0014】**

また、請求項6の発明は、光伝送路を介して入力する光信号を増幅する少なくとも1つ  
の光増幅器と、前記光伝送路上の光信号の光パワーを検出する光パワー検出手段と、該検  
出された光パワーに応じて、前記光増幅器の利得を一定に制御する利得一定制御手段とを  
有し、前記光伝送路上の光信号を増幅する光増幅装置において、前記光増幅器の利得を検  
出する利得検出手段と、前記検出された利得と、目標利得との偏差を求める偏差算出手段  
と、前記算出された偏差の比例演算および積分演算を行って、前記励起LDの駆動電流を  
算出し、かつ該算出された駆動電流値に基づく前記励起LDの電流制御によって、前記光  
増幅器の利得を制御する利得一定制御手段とを備えたことを特徴とし、光パワー検出手段  
で光増幅器の入出力パワーをモニタして利得を検出し、この利得と目標利得との偏差を算  
出し、さらにこの偏差に基づく比例積分演算を利得一定制御手段で行って、前記励起LD  
の電流値(LD電流値)を算出し、この算出したLD電流値に応じて、光増幅器の利得を  
制御することで、光ファイバの占有スペースを低減させて、1波当たりの光出力パワーの  
変動を小さく抑えて、伝送品質への影響を軽減するとともに、装置のコンパクト化を図る  
。

**【0015】**

また、請求項7の発明は、光伝送路を介して入力する光信号を増幅する少なくとも1つ  
の光増幅器と、前記光伝送路上の光信号の光パワーを検出する光パワー検出手段と、該検  
出された光パワーに応じて、前記光増幅器の利得を一定に制御する利得一定制御手段とを  
有し、前記光伝送路上の光信号を増幅する光増幅装置において、前記光伝送路に所定波長  
の光信号を入出力させる波長合分波手段と、前記光増幅器の利得を検出する利得検出手段  
と、前記検出された利得と、目標利得との偏差を求める偏差算出手段と、前記算出された  
偏差の比例演算および積分演算を行って、前記励起LDの駆動電流を算出し、かつ該算出  
した駆動電流値に基づく前記励起LDの電流制御によって、前記光増幅器の利得を制御す  
る利得一定制御手段とを備えたことを特徴とし、OADMなどの波長合分波手段を備え、  
この波長合分波手段による所定波長の光信号の入出力によって変化する光入出力パワーを  
検出手段でモニタして利得を検出し、この利得と目標利得との偏差を算出し、さらにこの  
偏差に基づく比例積分演算を利得一定制御手段で行って、前記励起LDの電流値(LD電  
流値)を算出し、この算出したLD電流値に応じて、光増幅器の利得を制御することで、  
1波当たりの光出力パワーの変動を小さく抑えて、伝送品質への影響を軽減するとともに  
、光ファイバの占有スペースを低減させて、装置のコンパクト化を図る。

**【0016】**

また、請求項8の発明は、前記光パワー検出手段で検出された前記光増幅器への光入力  
パワーの検出結果に応じて、前記利得一定制御手段の制御定数を調整する調整手段をさら  
に備え、前記制御定数が調整された利得一定制御手段は、前記光パワー検出手段で検出さ  
れた光入出力パワーに応じて、前記光増幅器の利得を制御することの特徴とし、検出手段  
で光増幅器への光入出力パワーを検出してモニタし、利得一定制御手段内に、このうちの  
光入力パワーに応じて制御定数を調整する機能を持つことで、運用中の光増幅器への光入  
力パワー変化にも、対応した制御定数の調整が可能となり、これにより応答速度を速くし



、制御回路の過渡特性を良くして、安定した光信号伝送を行う。

【0017】

また、請求項9の発明は、前記調整手段は、前記光パワー検出手段によって検出された前段の装置からの前記光入力パワーまたは前記前段の装置における前記波長合分波手段の光信号の入出力によって変化する前記光入力パワーの検出結果に応じて、前記利得一定制御手段の制御定数を調整することを特徴とし、前段の装置からの前記光入力パワーまたは前段に設けられた光増幅装置の波長合分波手段による所定波長の光信号の入出力によって変化する光入力パワーを、検出手段でモニタすることで、運用中の光増幅器への光入力パワー変化にも、対応した制御定数の調整が可能となり、これにより応答速度を速くし、制御回路の過渡特性を良くして、安定した光信号伝送を行う。

【0018】

また、請求項10の発明は、前記利得一定制御手段は、前記光増幅器の利得と目標利得の偏差と比例倍率とを演算する比例回路を有し、前記調整手段は、制御定数として、前記比例回路の比例倍率を調整することを特徴とし、制御定数は、利得一定制御手段内の比例回路の比例倍率からなり、この比例倍率を調整手段によって調整することで、応答速度を速くし、制御回路の過渡特性を良くして、安定した光信号伝送を行う。

【0019】

また、請求項11の発明は、光伝送路を介して入力する光信号を増幅する少なくとも1つの光増幅器と、前記光伝送路上の光信号の光パワーを検出する光パワー検出手段と、該検出された光パワーに応じて、前記光増幅器の利得を一定に制御する利得一定制御手段とを有し、前記光伝送路上の光信号を増幅する光増幅装置において、前記光パワー検出手段で検出された前記光増幅器からの光出力パワーの検出結果に応じて、前記利得一定制御手段の制御定数を調整する調整手段を備えたことを特徴とし、光パワー検出手段で光増幅器への光入出力パワーを検出してモニタし、この光出力パワーに応じて制御定数を調整する機能を持つことで、運用中の光増幅器への光出力パワー変化にも、対応した制御定数の調整が可能となり、これにより応答速度を速くし、制御回路の過渡特性を良くして、安定した光信号伝送を行う。

【0020】

また、請求項12の発明は、光伝送路に多段接続された光増幅装置で、前記光伝送路に伝搬される光信号を増幅して中継する光増幅中継システムにおいて、前記請求項6～11のいずれか一つに記載の光増幅装置を少なくとも1つ備えたことを特徴とし、上述した各請求項6～11の光増幅器を光伝送路に多段接続することで、システム全体の応答速度を速くし、制御回路の過渡特性を良くして、安定した光信号伝送を行う。

【発明の効果】

【0021】

本発明にかかる光増幅方法およびその装置は、光増幅器の入出力パワーをPDや対数変化回路でモニタして利得を検出し、AGC回路でこの利得と目標利得との偏差を算出し、さらにこの偏差に基づく比例積分制御を行って、光増幅器の利得を制御するので、1波当たりの光出力パワーの変動を小さく抑えて、伝送品質への影響を軽減するとともに、光ファイバの占有スペースを低減させて、装置のコンパクト化を図ることができるという効果を奏する。

【0022】

本発明にかかる光増幅方法およびその装置は、波長合分波手段による所定波長の光信号の入出力によって変化する光増幅器の入出力パワーをPDや対数変化回路でモニタして利得を検出し、AGC回路でこの利得と目標利得との偏差を算出し、さらにこの偏差に基づく比例積分制御を行って、光増幅器の利得を制御するので、1波当たりの光出力パワーの変動を小さく抑えて、伝送品質への影響を軽減するとともに、光ファイバの占有スペースを低減させて、装置のコンパクト化を図ることができるという効果を奏する。

【0023】

本発明にかかる光増幅方法およびその装置は、光増幅器への光入力パワーをPDや対数

変化回路でモニタし、この光入力パワーに応じてAGC制御回路の制御定数を調整するので、運用中の光増幅器への光入力パワー変化にも、対応した制御定数の調整が可能となり、これにより応答速度を速くし、制御回路の過渡特性を良くして、安定した光信号伝送を行うことができるという効果を奏する。

#### 【0024】

本発明にかかる光増幅方法およびその装置は、波長合分波手段による所定波長の光信号の分岐または多重によって変化する光入力パワーを、PDや対数変化回路でモニタして、利得一定制御回路中の制御定数を調整することで、運用中の光増幅器への光入力パワー変化にも、対応した制御定数の調整が可能となり、これにより応答速度を速くし、制御回路の過渡特性を良くして、安定した光信号伝送を行うことができるという効果を奏する。

#### 【0025】

本発明にかかる光増幅方法およびその装置は、前段の光増幅装置からの光入力パワーまたは自装置内の波長合分波手段からの光入力パワーをモニタして、その結果に応じて、利得一定制御手段の制御定数を調整することで、運用中の光増幅器への光入力パワーの変化にも、対応した制御定数の調整が可能となり、これにより応答速度を速くし、制御回路の過渡特性を良くして、安定した光信号伝送を行うことができるという効果を奏する。

#### 【0026】

本発明にかかる光増幅方法およびその装置は、制御定数の調整として、利得一定制御手段内の比例回路の比例倍率を、光入力パワーに応じて調整するので、光入力パワーの変化に対して、1波当たりの光出力パワーの変動が小さくなり、これにより応答速度を速くし、制御回路の過渡特性が良くなって、光信号伝送の高速化が図られるとともに、光入力パワーの変化に対して、1波当たりの光出力パワーが安定することとなり、光信号増幅の安定した制御を行うことができるという効果を奏する。

#### 【0027】

本発明にかかる光増幅中継システムは、各請求項6～11の光増幅器を光伝送路に多段接続することで、光増幅中継システム全体の応答速度を速くし、制御回路の過渡特性が改善され、光パワー変動時の光信号の伝送特性の劣化を軽減することができるので、各中継局での光信号の累積した遅延が軽減され、安定した光信号伝送を行うことができるという効果を奏する。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0028】

以下に、本発明にかかる光増幅方法、その装置およびその装置を用いた光増幅中継システムの実施例を、図1～図18の図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の図において、図19と同様の構成部分については、説明の都合上、同一符号を付記するものとする。また、本発明は、これらの実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更実施の形態が可能である。

#### 【0029】

##### (実施の形態1)

図1は、この発明にかかる光増幅装置の実施の形態1の構成を示す構成図である。図において、この実施の形態における光中継装置のAGC制御は、たとえば比例積分制御（以下、「PI制御」という）による制御を行うものがある。このAGC制御を行う制御回路19は、対数変換回路17、18からの電圧値が入力する差動回路19aと、差動回路19aからの偏差 $\Delta G$ が入力する比例回路19bおよび積分回路19cと、これら回路19b、19cからの出力値が入力する加算回路19dと、加算回路19dからの演算値が入力するLD電流制御回路19eとから構成されている。

#### 【0030】

すなわち、光増幅器11の入出力パワーはPD15、16および対数変換回路17、18によって、それぞれの光パワーに応じた電圧値 $V_{in}$ と $V_{out}$ に変換されて差動回路19aに入力している。この差動回路19aには、これら電圧値 $V_{in}$ と $V_{out}$ の他に、外部から入力する目標利得に対応した電圧値 $G_0$ が入力しており、差動回路19aは、

現在の光増幅器 11 の利得 ( $V_{out} - V_{in}$ ) と目標利得  $G_0$  との偏差  $\Delta G$  を計算し、この偏差  $\Delta G$  を比例回路 19b および積分回路 19c に出力する。

$$\Delta G = G_0 - (V_{out} - V_{in})$$

#### 【0031】

比例回路 19b では、入力した偏差  $\Delta G$  に、予め固定値に設定された比例倍率  $k$  を掛け算した値 ( $k \cdot \Delta G$ ) を出力している。また、積分回路 19c では、 $\Delta G$  の積分値  $\{(1/\tau) \cdot \int \Delta G dt\}$  を出力している。なお、 $\tau = RC$  で、この  $R$ ,  $C$  は、積分回路 19c を構成する抵抗の抵抗値およびコンデンサの容量を示している。

#### 【0032】

これらの出力値 ( $k \cdot \Delta G$ ),  $\{(1/\tau) \cdot \int \Delta G dt\}$  は、加算回路 19d に入力している。この加算回路 19d は、これら値を加算することにより、LD 電流値  $I_0$  を算出する。

$$I_0 = k \cdot \Delta G + \{(1/\tau) \cdot \int \Delta G dt\}$$

#### 【0033】

加算回路 19d は、この算出した値  $I_0$  を LD 電流制御回路 19e に出力しており、この LD 電流制御回路 19e は、この値  $I_0$  に基づいて励起 LD 20 の電流制御を行っている。

#### 【0034】

このように、この実施の形態の光増幅装置では、PD 15, 16 および対数変換回路 17, 18 によって対数変換された光増幅器 11 の入出力パワーの値と、目標利得を差動回路 19a へ入力させることにより、現在の光増幅器の利得と目標利得の偏差を算出し、この偏差がゼロになるように PI 制御を行って、光増幅器の利得を目標利得に制御しているので、従来例のように大きな光ファイバの占有スペースを必要とすることが無くなり、装置の小型化を図ることができる。

#### 【0035】

また、この実施の形態の光増幅装置では、図 20 に示すように、1 波当たりの光出力パワーの変動を小さく抑えて、伝送品質への影響を軽減するために、制御回路内の比例回路の比例倍率  $k$  をある程度大きくして応答速度を速くし、過渡特性を良くするものであるが、あまりこの倍率  $k$  を大きくしすぎると、光増幅器からの光出力が発振してしまう。

#### 【0036】

図 2 は、比例回路の比例倍率と光入力パワーの関係を示す図である。この図から分るように、伝送品質に影響を与えない過渡特性を得るために必要な比例倍率と発振する比例倍率の閾値は、光増幅器への光入力パワーに依存している。すなわち、光入力パワーが小さい時には、この比例倍率は、小さくても光入力パワーの変動時に十分な過渡特性を得ることができ、また発振閾値も小さい値となる。逆に、光入力パワーが大きくなると、発振に対する余裕度は大きくなるが、十分な過渡特性を得るためには、比例倍率を大きくする必要がある。

#### 【0037】

このような場合において、図 3 に示すように、たとえばダイナミックレンジが比較的狭い時には、比例回路の倍率  $k$  が一定値  $k = k_0$  に設定されていても、ダイナミックレンジの上限および下限のいずれでも、光増幅器 11 からの光出力は発振せず、かつ過渡特性にも問題は生じない。

#### 【0038】

ところが、WDM 伝送システムにおいて、使用する波長数が多くなると、図 4 に示すように、光入力のダイナミックレンジが広くなり、比例回路の倍率が一定であると、ダイナミックレンジの上限付近（光入力パワーの大きい時）では、応答速度が遅く、十分な過渡特性が得られない状態が発生し、またダイナミックレンジの下限付近（光入力パワーの小さい時）では、比例倍率が発振閾値以上になり、光出力が発振する状態が発生してしまう。

#### 【0039】

**(実施の形態 2)**

そこで、この発明では、実施の形態 2 において制御回路内の比例回路の比例倍率を調整する機能を設け、光増幅器への光入力パワーに応じて、比例回路の比例倍率を調整できるように構成する。すなわち、この実施の形態 2 では、光入力パワーが大きい時には、比例倍率を大きく調整でき、光入力パワーが小さい時には、比例倍率を小さく調整できるようにする。

**【0040】**

図 5 は、この発明にかかる光増幅装置の実施の形態 2 の構成を示す構成図である。なお、以下の図において、図 1 の構成部分と同様の構成部分に関しては、説明の都合上、同一符号を付記するものとする。

**【0041】**

図 5 において、この実施の形態の光増幅装置 30 は、光伝送路 1 に接続された前段部および後段部の同一構成の光増幅装置 10、10 と、これら光増幅装置 10、10 間に接続された OADM 31 とから構成されており、たとえば WDM 伝送システムの中継局などに用いられている。OADM 31 は、前段部の光増幅装置 10 から入力する光信号から所定波長の光信号を分波（ドロップ）させたり、この光信号に所定波長の光信号を合波（アド）させて、後段部の光増幅装置 10 に出力している。各光増幅装置 10、10 は、図 1 に示した光増幅装置と同様の構成からなっているので、詳細な説明は省略するが、前段部の光増幅装置 10 は、前の中継局から入力する光信号の光入力パワーをモニタして AGC 制御を行い、後段部の光増幅装置 10 は、自局の OADM 31 から入力する光信号の光入力パワーをモニタして AGC 制御を行っている。

**【0042】**

図 5 に示した光増幅装置 10 の AGC 制御回路 19 が、図 1 に示した AGC 制御回路の構成と異なる点は、たとえば図 6 の構成図に示すように、比例倍率調整回路 19f を設けて、対数変換回路 17 からの光入力パワーの電圧値  $V_{in}$  に応じて比例回路 19b の比例倍率を調整するように構成した点である。

**【0043】**

また、AGC 制御回路 19 をこのように構成したことで、比例回路 19b は、図 7 の回路図に示すように、コンパレータ 19b1 と、固定抵抗 19b2 と、可変抵抗 19b3 とからなる回路構成になっている。この可変抵抗 19b3 には、たとえば CPU によるデジタル的な調整が可能であるデジタルポテンショメータ（Digitally Controlled Potentiometer、以下、「DCP」という）を用いることにより、装置の運用中でも比例倍率調整回路 19f の調整機能を用いて可変抵抗の抵抗値の変更を行うことを可能にしている。

**【0044】**

この比例回路 19b の比例倍率は、回路内の固定抵抗 19b2 と可変抵抗 19b3 の抵抗値  $R_1$  と  $R_2$  の比

$$k = R_2 / R_1 \quad \dots (1)$$

によって決まる。

**【0045】**

この比例倍率調整回路 19f は、対数変換回路 17 を介して PD 15 からの光入力パワーをモニタしており、この光入力パワー  $P_{in}$  に応じて、比例回路 19b の比例倍率を調整している。すなわち、この比例倍率調整回路 19f は、この光入力パワー  $P_{in}$  が大きい時には、比例回路 19b 内の可変抵抗 19b3 の抵抗値  $R_2$  を大きくなるように制御して、比例倍率  $k$  を大きく調整し、またこの光入力パワー  $P_{in}$  が小さい時には、比例回路 19b 内の可変抵抗 19b3 の抵抗値  $R_2$  を小さくなるように制御して、比例倍率  $k$  を小さく調整している。

**【0046】**

たとえば、この比例倍率調整回路 19f は、図 8 に示すように、比例回路 19b の比例倍率  $k$  を、

$$k = A \cdot P_{in} + B \quad \dots (2)$$

となるように調整している。ここで、 $P_{in}$ は光入力パワーであり、対数変換回路17からはこの光入力パワー $P_{in}$ に対応する電圧値 $V_{in}$ として、比例倍率調整回路19fに与えられる。また、 $A$ 、 $B$ は定数であり、この定数 $A$ 、 $B$ は所望の比例倍率 $k$ が決定されれば一意的に決まる値である。

#### 【0047】

次に、この光増幅装置10による比例倍率の調整動作を、図9のフローチャートに基づいて説明する。なお、この実施の形態では、比例回路19bの比例倍率を目標値 $\pm \delta$  ( $\delta$ は任意の数)に制御する場合の例を説明する。図において、PD15および対数変換回路17によって光入力パワー $P_{in}$ がモニタされると、AGC制御回路19は、対数変換回路17からこの光入力パワー $P_{in}$ を読み込む(ステップ101)。

#### 【0048】

このAGC制御回路19において、比例倍率調整回路19fは、読み込んだ光入力パワー $P_{in}$ に基づいて、目標倍率 $k_0$ の計算を行う(ステップ102)。なお、この計算は、式(2)に光入力パワー $P_{in}$ の値を代入することによって行われる。次に、比例倍率調整回路19fは、比例回路19bからDCPの抵抗値(図7に示した可変抵抗19b3の抵抗値) $R_2$ を読み込み(ステップ103)、現在の比例倍率 $k$ の計算を式(1)を用いて行う(ステップ104)。

#### 【0049】

さらに、比例倍率調整回路19fは、ステップ102およびステップ104で計算した目標倍率 $k_0$ と現在の比例倍率 $k$ とから、目標倍率の偏差 $\Delta k$ を、 $\Delta k = k - k_0$ によって求める(ステップ105)。そして、この偏差 $\Delta k$ が $-\delta$ より大きいかどうか判断する(ステップ106)。

#### 【0050】

ここで、 $\Delta k$ が、 $-\delta \geq \Delta k$ の場合には、目標値 $\pm \delta$ の範囲外と判断して、DCPの抵抗値 $R_2$ を1ステップ増加させる制御を行う(ステップ107)。また、 $\Delta k$ が、 $-\delta < \Delta k$ の場合には、次にこの偏差 $\Delta k$ が $+\delta$ より小さいかどうか判断する(ステップ108)。

#### 【0051】

ここで、 $\Delta k$ が、 $\Delta k \geq +\delta$ の場合には、目標値 $\pm \delta$ の範囲外と判断して、DCPの抵抗値 $R_2$ を1ステップ減少させる制御を行う(ステップ109)。また、 $\Delta k$ が、 $\Delta k < \delta$ の場合には、目標値 $\pm \delta$ の範囲内と判断して、DCPの制御を行うことなく、ステップ101に戻って、次のモニタされた光入力パワー $P_{in}$ の読み込みを行う。

#### 【0052】

このように、この実施の形態では、比例回路の比例倍率を調整する比例倍率調整回路をAGC制御回路内に設けて、この比例倍率を光入力パワーに応じて連続的に調整するので、ダイナミックレンジの下限付近では、比例回路の比例倍率を小さい値に変更することにより、光増幅器からの光出力が発振してしまうことを防ぐことができ、また、発振に対する余裕度の大きいダイナミックレンジの上限付近では、比例回路の比例倍率を大きい値に変更することにより、制御回路の応答速度早くして光入力パワーの変動時の過渡特性を改善し、光パワー変動時の光信号の伝送特性の劣化を軽減することができる。

#### 【0053】

(実施の形態3)

上述した実施の形態2では、DCPを用いて比例倍率を連続的に調整する構成例を示したが、この発明はこれに限らず、たとえばアナログスイッチを用いて比例倍率を調整することも可能である。図10は、図6に示した比例回路の第2例の回路構成を示す回路図である。図において、この比例回路19bでは、DCPの代わりに、抵抗値の異なる複数の抵抗 $R_1 \sim R_n$  ( $n$ は任意の整数)を並列に接続するとともに、この抵抗 $R_1 \sim R_n$ に直列にアナログスイッチ $S_1 \sim S_n$ をそれぞれ接続させる。

#### 【0054】

そして、モニタされた光入力パワーに応じて、比例倍率調整回路 19 f がこれらアナログスイッチ  $S_1 \sim S_n$  の切り替え制御を行い、コンパレータ 19 b 1 に接続された抵抗  $R_{21} \sim R_{2n}$  ( $n$  は任意の整数) の抵抗値を変更することで、比例回路の倍率を調整することが可能となる。

【0055】

たとえば、この比例倍率調整回路 19 f は、図 11 に示すように、比例倍率を  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  の 3 段階に設定しておき、これらの倍率は、 $k_1 < k_2 < k_3$  の関係にあるものとする。そして、この比例倍率調整回路 19 f は、モニタされた光入力パワー  $P_{in}$  が  $P_1$  より小さい時には、比例回路 19 b 内の抵抗  $R_1 \sim R_n$  の中から抵抗値の小さい抵抗に切り替え制御して、比例倍率を小さい倍率  $k_1$  に調整する。また、この比例倍率調整回路 19 f は、モニタされた光入力パワー  $P_{in}$  が  $P_1 \sim P_2$  間の時には、比例回路 19 b 内の抵抗  $R_1 \sim R_n$  の中から中間の抵抗値の抵抗に切り替え制御して、比例倍率を  $k_2$  に調整する。さらに、この比例倍率調整回路 19 f は、モニタされた光入力パワー  $P_{in}$  が  $P_2$  より大きい時には、比例回路 19 b 内の抵抗  $R_1 \sim R_n$  の中から抵抗値の大きい抵抗に切り替え制御して、比例倍率を大きい倍率  $k_3$  に調整する。

【0056】

次に、この比例倍率調整回路 19 f を備えた光増幅装置 10 による比例倍率の調整動作を、図 12 のフローチャートに基づいて説明する。図において、PD 15 および対数変換回路 17 によって光入力パワー  $P_{in}$  がモニタされると、AGC 制御回路 19 は、対数変換回路 17 からこの光入力パワー  $P_{in}$  を読み込む (ステップ 201)。そして、この AGC 制御回路 19 において、比例倍率調整回路 19 f は、読み込んだ光入力パワー  $P_{in}$  が、 $P_{in} < P_1$  かどうか判断する (ステップ 202)。

【0057】

ここで、 $P_{in}$  が、 $P_{in} < P_1$  の場合には、比例回路 19 b 内の抵抗  $R_1 \sim R_n$  の中から抵抗値の小さい抵抗に切り替え制御して、比例倍率  $k$  を  $k_1$  に調整する (ステップ 203)。また、 $P_{in}$  が、 $P_{in} \geq P_1$  の場合には、比例倍率  $k$  を現状の状態で維持して (ステップ 204)、次に  $P_{in}$  が、 $P_{in} < P_2$  かどうか判断する (ステップ 205)。

【0058】

ここで、 $P_{in}$  が、 $P_{in} < P_2$  の場合には、比例回路 19 b 内の抵抗  $R_1 \sim R_n$  の中から抵抗値の中間の抵抗に切り替え制御して、比例倍率  $k$  を  $k_2$  に調整する (ステップ 206)。また、 $P_{in}$  が、 $P_{in} \geq P_2$  の場合には、比例回路 19 b 内の抵抗  $R_1 \sim R_n$  の中から抵抗値の大きい抵抗に切り替え制御して、比例倍率を大きい倍率  $k_3$  に調整する (ステップ 207)。

【0059】

このように、この実施の形態では、比例回路の比例倍率を調整する比例倍率調整回路を AGC 制御回路内に設けて、この比例倍率を光入力パワーに応じて断続的に調整するので、実施の形態 2 と同様に、ダイナミックレンジの下限付近では、比例回路の比例倍率を小さい値に変更することにより、光増幅器からの光出力が発振してしまうことを防ぐことができ、また、発振に対する余裕度の大きいダイナミックレンジの上限付近では、比例回路の比例倍率を大きい値に変更することにより、制御回路の応答速度早くして光入力パワーの変動時の過渡特性を改善し、光パワー変動時の光信号の伝送特性の劣化を軽減することができる。

【0060】

次に、この実施の形態 3 と比例倍率固定による測定結果からこの発明の効果を検証する。この測定に用いる装置の構成としては、図 5 に示した前段部の光増幅装置と後段部の光増幅装置を持つ 2 段構成の光増幅装置を使用し、この前段部および後段部の光増幅装置がそれぞれ独立した利得一定の制御を行っている。

【0061】

また、この測定において、前段部の光増幅装置と、後段部の光増幅装置の段間は、OA

DMではなく、アッテネータで接続した。信号光としては、1530.33 [nm] から 1561.42 [nm] の波長帯域の中から、4波の残留信号光と12波の変動信号光を使用し、この変動信号光をオン／オフすることにより、前段部の光増幅装置への光入力、4波から16波へ増加させ、トータルの光入力パワーを4倍に変化させた（レベルでは、6 [dB] の増加）。

#### 【0062】

さらに、1波長当たりの光パワーは、-12 [dBm/ch] および -24 [dBm/ch] に設定し、トータルの光入力パワーは、ダイナミックレンジの上限付近で光入力パワーを変動（-6 [dBm] から 0 [dBm] へ変動）させる場合と、ダイナミックレンジの下限付近で光入力パワーを変動（-18 [dBm] から -12 [dBm] へ変動）させる場合の2通りの測定を行った。また、この光入力パワー変動時においては、後段部の光増幅装置からの光出力のうち、1530.33 [nm] の波長における1波当たりの光出力パワーの過渡応答を測定した。

#### 【0063】

この2段構成の光増幅装置での比例倍率と光入力パワーの関係は、図13、図14に示すような関係であり、図13は、前段部の光増幅装置での比例倍率と光入力パワーの関係を示し、図14は、後段部の光増幅装置での比例倍率と光入力パワーの関係を示す。

#### 【0064】

また、比例倍率固定時（従来例に相当）では、図15に示すように、光入力パワーが高い時でも（図15（a）参照）、低い時でも（図15（b）参照）、前段部の光増幅装置の比例倍率 $k$ を3.0に、後段部の光増幅装置の比例倍率 $k$ を3.2の固定に設定して、光パワーの測定を行った。

#### 【0065】

また、この実施の形態3を用いた時では、図16に示すように、光入力パワーが高い時と、低い時とで比例倍率を調整しており、図16（a）の高い時には前段部の光増幅装置の比例倍率 $k$ を3.1、後段部の光増幅装置の比例倍率 $k$ を4.3と大きく設定し、図16（b）の低い時には前段部の光増幅装置の比例倍率 $k$ を1.7、後段部の光増幅装置の比例倍率 $k$ を1.2と小さく設定して、光パワーの測定を行った。

#### 【0066】

この結果、比例倍率固定時では、図15（a）の光入力パワーが高い時に示す光入力パワーの変化に対して、1波当たりの光出力パワーが大きく変動してしまっており、光入力パワー変動時の光信号の伝送品質を劣化させることとなる。また、図15（b）の光入力パワーが小さい時に示す光入力パワーの変化に対して、1波当たりの光出力パワーが安定せず、発振ぎみの出力となっていた。

#### 【0067】

これに対して、実施の形態3を用いた時では、比例倍率を大きく設定することにより、図16（a）の光入力パワーが高い時に示す光入力パワーの変化に対して、1波当たりの光出力パワーの変動が小さくなり、過渡特性が良くなって、光入力パワー変動時の光信号の伝送品質が改善されることとなった。また、比例倍率を小さく設定することにより、図15（b）の光入力パワーが小さい時に示す光入力パワーの変化に対して、1波当たりの光出力パワーが安定することになった。

#### 【0068】

この測定結果からも明らかなように、運用中の光増幅器への光入力パワー変化にも、対応した比例倍率を設定して調整することで、応答速度を速くし、制御回路の過渡特性を良くして、安定した光信号伝送を行うことが可能となった。

#### 【0069】

（実施の形態4）

図17は、図5の実施の形態1に示した光増幅装置を多段接続させて構築する光増幅中継システムの一部構成を示すシステム構成図であり、これら光増幅装置30は、中継局を構成している。この中継局では、OADM31によって前局（前段の中継局）から送信さ



れた光信号の一部を分岐させたり、新たな波長の光信号を多重させている。OADM 31 によって多重される光信号の波長数を増加させる場合に、たとえば、6 波相当の光入力パワーから 12 波相当の光入力パワーにした場合、後段部の光増幅装置 10 の光パワーが当初の光パワーから 2 倍の光入力パワーに増大することになる。

#### 【0070】

しかしながら、この実施の形態にかかる中継局では、AGC 制御回路 19 内の比例回路の比例倍率を、光入力パワーに応じて調整して、光増幅器 11 の利得を入力される波長数によらず、一定に利得制御するので、1 波当たりの光パワーを一定に保つことができる。

#### 【0071】

また、この実施形態の中継局では、中継局毎に比例倍率を調整することで、ダイナミックレンジの下限付近では、比例回路の比例倍率を小さい値に変更することにより、光増幅器からの光出力が発振してしまうことを防ぐことができ、また、発振に対する余裕度の大きいダイナミックレンジの上限付近では、比例回路の比例倍率を大きい値に変更することにより、制御回路の応答速度早くして光入力パワーの変動時の過渡特性を改善し、光パワー変動時の光信号の伝送特性の劣化を軽減することができるので、各中継局での光信号の累積した遅延が軽減され、安定した光信号伝送を行うことができる。

#### 【0072】

(実施の形態 5)

ところで、図 19 に示した利得一定制御の光増幅装置では、特定出力パワーに対して、たとえば比例積分微分（以下、「PID」という）定数を最適化して、PID 制御を行うものがある。

#### 【0073】

この光増幅装置では、光出力パワーが小さい動作領域で PID 定数を最適化した場合、EDF 12 の応答時間が遅い動作条件で、励起 LD 20 の制御が最適化されている。このため、光出力パワーが大きい動作状態で、光入力パワーが変動した場合、励起 LD 20 の制御応答時間が EDF 12 の利得変動時間より遅いため、利得制御は、EDF 12 の利得変動時間に追従できず、1 波あたりの光出力パワーが大きく変動する。

#### 【0074】

一方、光出力パワーが大きい動作領域で PID 定数を最適化した場合、EDF 12 の応答時間が速い動作条件で励起 LD 20 の制御が最適化されている。このため、光出力パワーが小さい動作状態で光入力パワーが変動した場合、励起 LD 20 の制御応答時間が EDF 12 の利得変動時間より速いため、利得制御が EDF の利得変動時間よりも速くなり、光出力パワーが不安定になり、発振状態になる可能性が高い。この結果、1 波あたりの光出力パワーが大きく変動する。

#### 【0075】

このような光増幅装置では、使用する光出力パワーの範囲が小さい場合には、励起 LD 12 制御の応答速度が一定でも、光出力パワーの上限および下限のどちらでも、発振することなく、かつ光入力パワーが変動した条件での応答特性にも問題は生じない。

#### 【0076】

しかしながら、利得一定制御を行う光増幅装置を波長多重伝送に適用する場合では、波長数の増減に対応するために、光増幅装置の光出力パワーの範囲が大きくなる。このような場合、制御定数が一定であると、波長数の増減に伴う光入力パワーの変動に対して、光出力パワーが大きく変動するため、安定した利得一定制御を行うことができない。

#### 【0077】

そこで、本発明では、図 18 の構成図に示すように、制御定数調整回路 22 を設け、励起 LD 20 の PID 制御を行う制御回路 19 の制御定数を、モニタ回路 18 でモニタされた光出力パワーに応じて、調整することで、光出力パワーが大きく変動しても、安定した利得一定制御を行えるようにする。

#### 【0078】

この実施の形態では、利得一定制御を行う制御回路 19 の比例定数、積分定数および微



分定数の各制御定数を調整する機能を有しており、光出力パワーが小さい場合には、応答速度を遅くするように、制御定数を調整して、光増幅装置 10 の光増幅器 11 からの光出力が発振してしまうのを防止する。また、光出力パワーが大きい場合には、応答速度を早くするように、制御定数を調整して、光入力パワーが変動した際に、過渡的な応答特性を改善し、光パワー変動時における伝送特性の悪化を軽減させることができる。すなわち、この実施の形態では、波長数変動によらずに、最適な応答特性を持つ光増幅装置を実現することが可能となる。

#### 【0079】

また、たとえば光増幅器 11 の目標利得が常に一定であれば、モニタ回路 17 でモニタされた光入力パワーに応じて、回路定数を調整することで、制御速度を最適化し、安定した光増幅器の応答を実現することもできるが、実際にはスパンロスの変動などにより、光増幅器の利得を変化させなければならない場合もある。この場合、EDF の利得の応答時間は、本来 EDF からの光出力パワーに依存しているため、光入力パワーモニタ回路 17 では、最適な制御応答特性が得られない。

#### 【0080】

これに対して、この実施の形態では、光出力パワーをモニタ回路 18 でモニタして、制御回路 19 の制御定数の調整を行っているので、スパンロスの変動などにより光増幅器の利得を変化させる場合においても、その影響を受けることなく、光増幅器の応答特性を最適化することが可能となる。

#### 【0081】

このように、この実施の形態では、光パワー検出手段で光増幅器への光出力パワーを検出してモニタし、この光出力パワーに応じて制御定数を調整する機能を持つことで、運用中の光増幅器への光出力パワー変化にも、対応した制御定数の調整が可能となり、これにより応答速度を速くし、制御回路の過渡特性を良くして、光信号伝送の高速化および安定した制御を行うことができる。

#### 【0082】

この発明は、これら実施形態に限定されるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変形実施が可能である。たとえば、この発明では、AGC 回路がアナログによる実施の形態を説明しているが、これに限らず AGC 回路がデジタル回路であってもよい。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0083】

【図 1】この発明にかかる光増幅装置の実施の形態 1 の構成を示す構成図である。

【図 2】比例回路の比例倍率と光入力パワーの関係を示す図である。

【図 3】光入力ダイナミックレンジが狭い時の比例回路の比例倍率と光入力パワーの関係を示す図である。

【図 4】光入力ダイナミックレンジが広い時の比例回路の比例倍率と光入力パワーの関係を示す図である。

【図 5】この発明にかかる光増幅装置の実施の形態 2 の構成を示す構成図である。

【図 6】図 5 に示した 2 段構成の光増幅装置の AGC 制御回路の一例の構成を示す構成図である。

【図 7】図 6 に示した比例回路の第 1 例の回路構成を示す回路図である。

【図 8】図 7 に示した比例倍率調整回路によって調整された比例倍率と光パワーの関係を示す図である。

【図 9】この発明にかかる光増幅装置による比例倍率の調整動作を説明するためのフローチャートである。

【図 10】図 6 に示した比例回路の第 2 例の回路構成を示す回路図である。

【図 11】図 10 に示した比例倍率調整回路によって調整された比例倍率と光パワーの関係を示す図である。

【図 12】図 11 に示した比例倍率調整回路を備えた光増幅装置による比例倍率の調

整動作を説明するためのフローチャートである。

【図 13】図 5 に示した前段部の A G C 制御回路における比例回路の比例倍率と光入力パワーの関係を示す図である。

【図 14】図 5 に示した後段部の A G C 制御回路における比例回路の比例倍率と光入力パワーの関係を示す図である。

【図 15】比例倍率固定時に光入力パワーが変化した場合の光パワーの過渡特性の測定結果を示す波形図である。

【図 16】実施の形態 3 を用いた時に光入力パワーが変化した場合の光パワーの過渡特性の測定結果を示す波形図である。

【図 17】図 5 に示した光増幅装置を用いた光増幅中継システムの一部構成を示すシステム構成図である。

【図 18】この発明にかかる光増幅装置の実施の形態 5 の構成を示す構成図である。

【図 19】従来の光増幅装置の構成の一例を示す構成図である。

【図 20】光入力パワーが変化した場合の光パワーの過渡特性を示す図である。

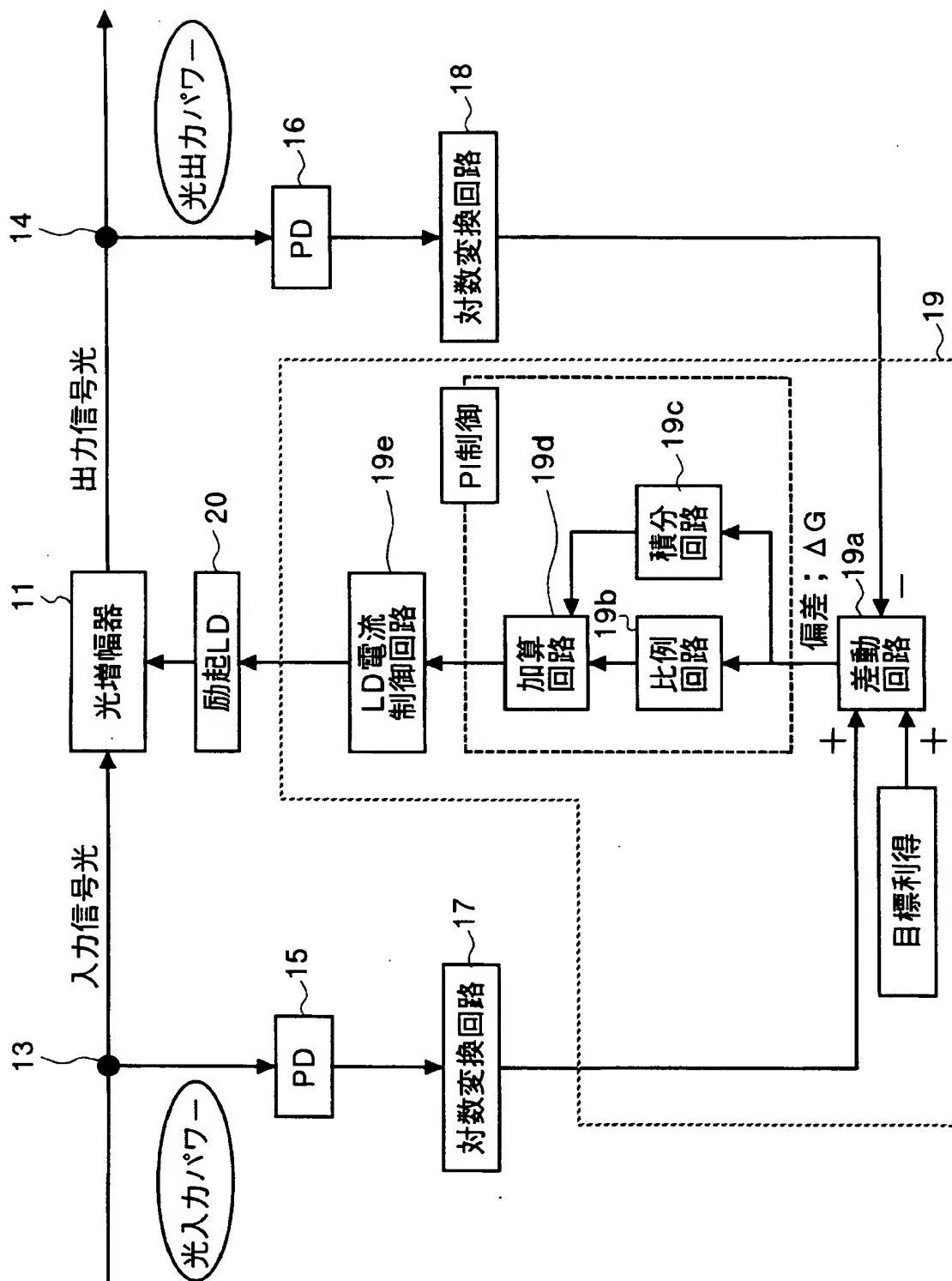
【図 21】従来の光増幅装置の構成のその他の例を示す構成図である。

【符号の説明】

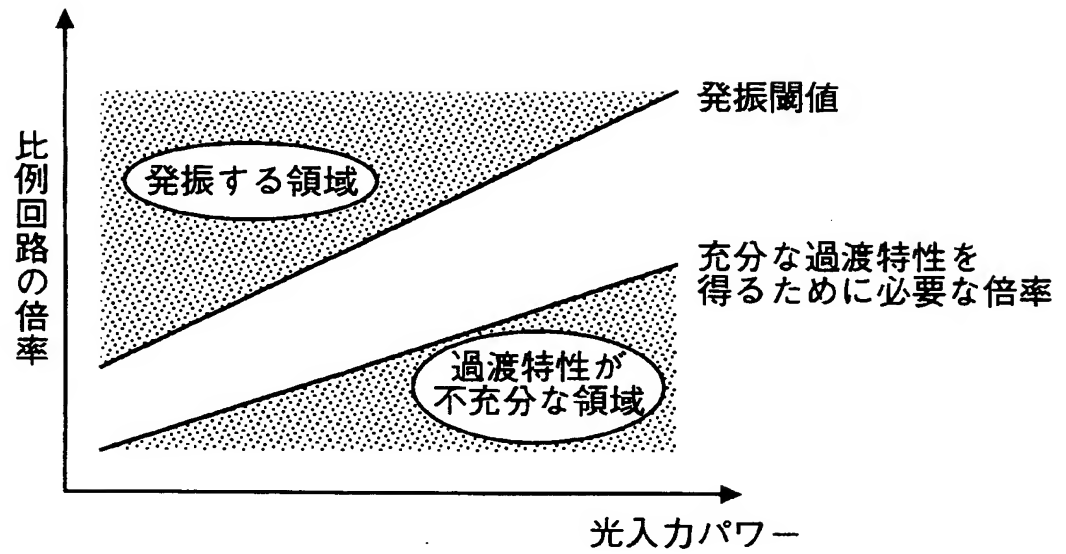
【0084】

- 1 光伝送路
- 10 光増幅装置
- 11, 12 光増幅器
- 13, 14 光カプラ
- 17, 18 対数変換回路 (モニタ回路)
- 19 A G C 制御回路
  - 19a 差動回路
  - 19b 比例回路
    - 19b1 コンパレータ
    - 19b2 固定抵抗
    - 19b3 可変抵抗
  - 19c 積分回路
  - 19d 加算回路
  - 19e L D 電流制御回路
  - 19f 比例倍率調整回路
- 20 励起 L D
- 21 遅延部
- 22 制御定数調整回路
- 30 光増幅装置
- R 21 ~ R 2n 抵抗
- S 1 ~ S n アナログスイッチ

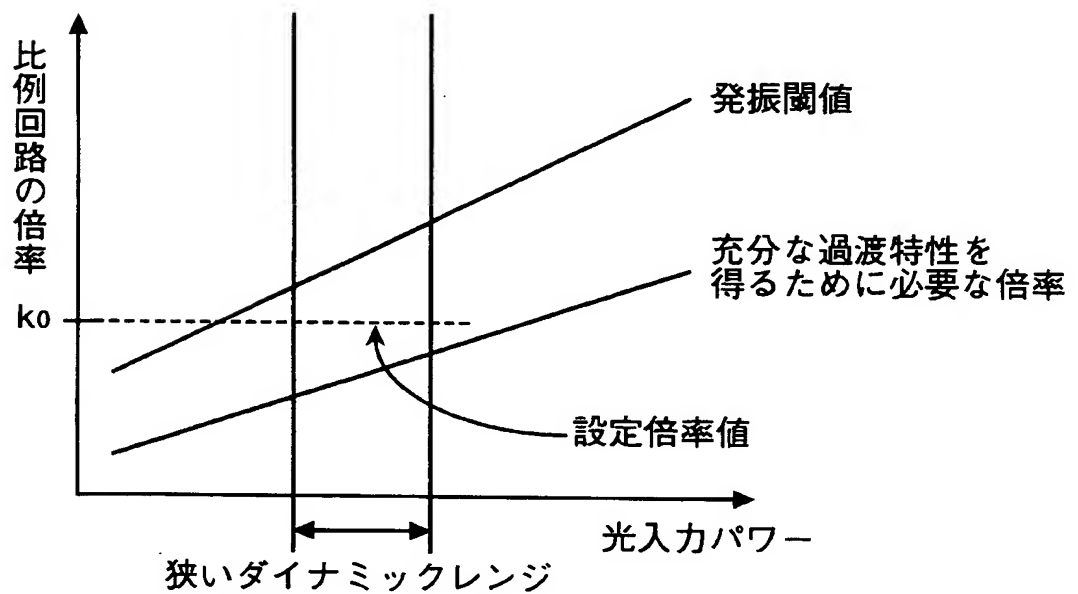
【書類名】 図面  
【図 1】



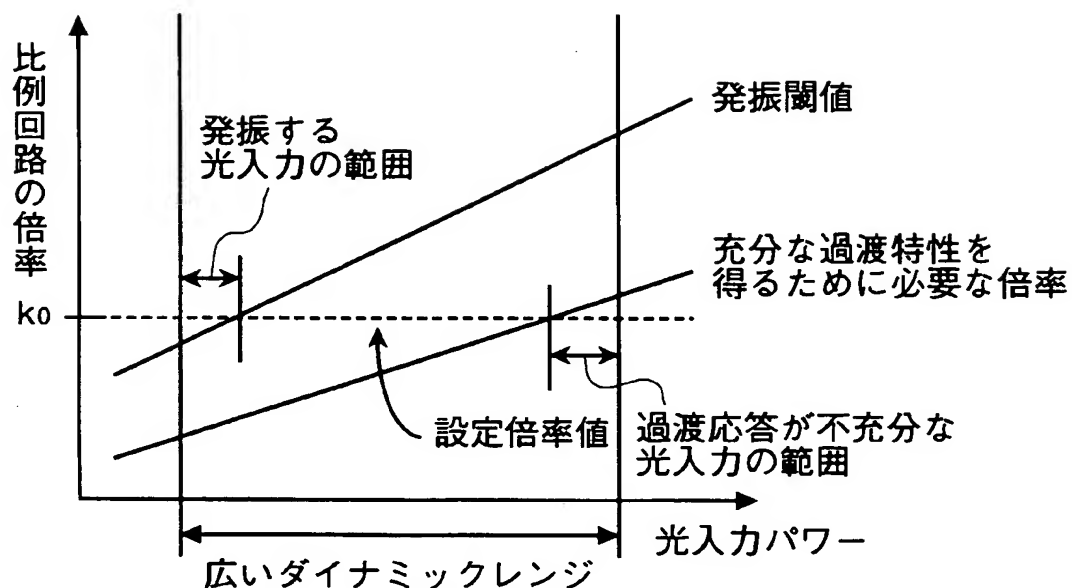
【図 2】



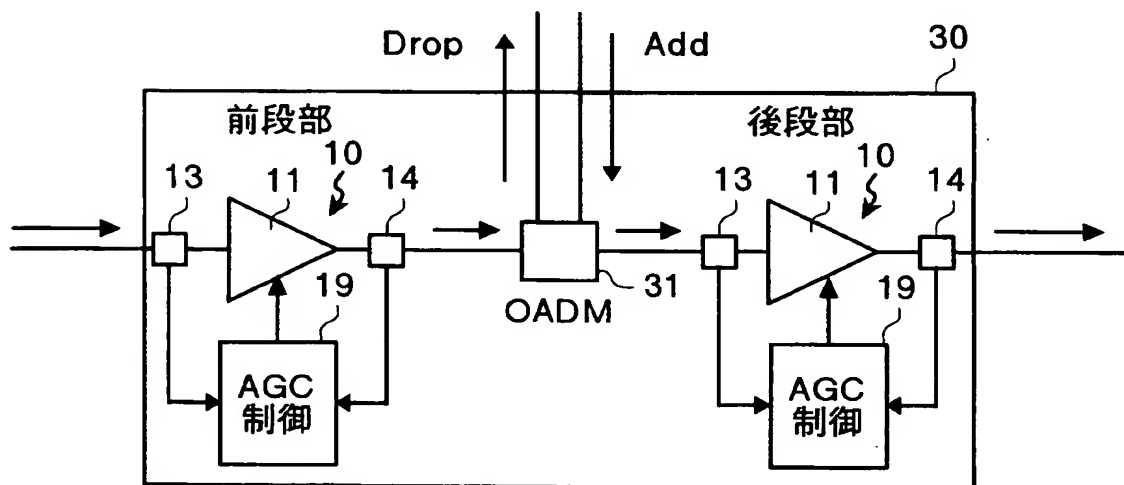
【図 3】



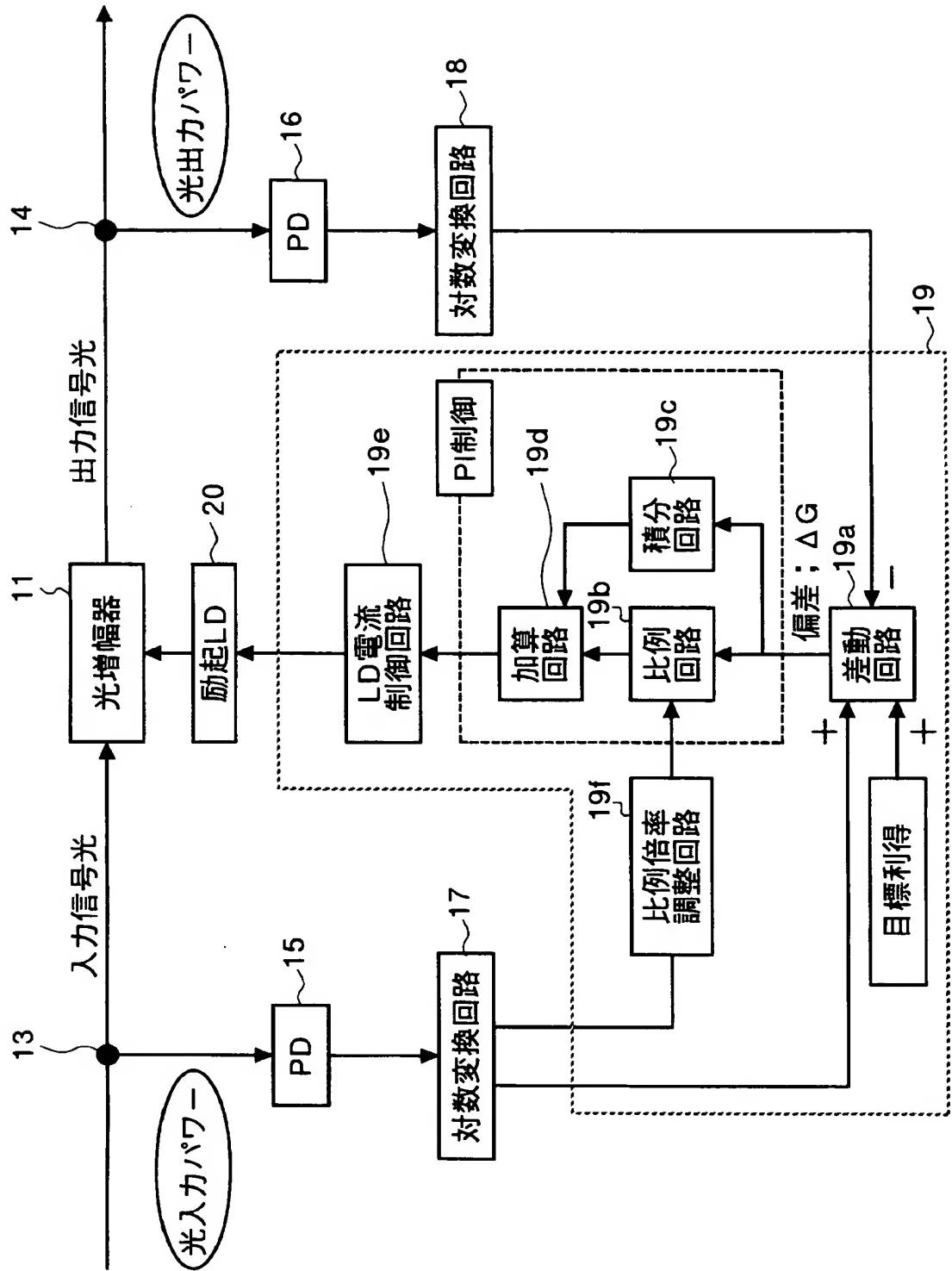
【図 4】



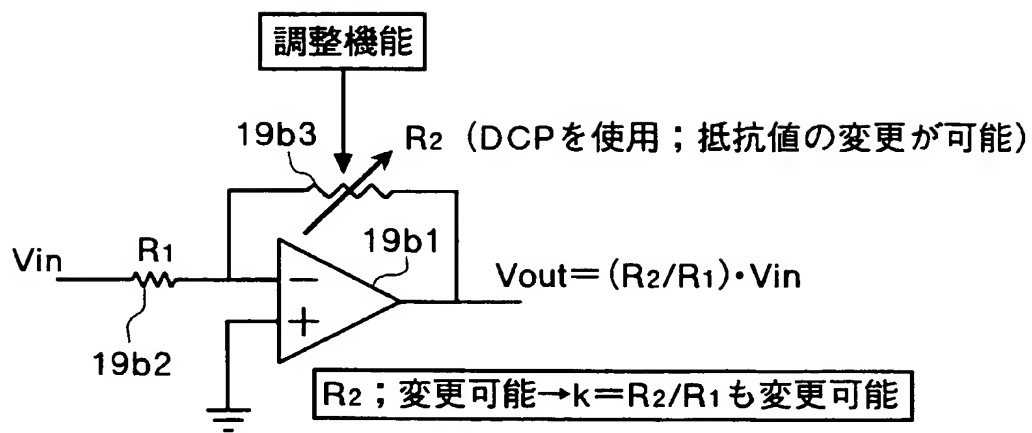
【図 5】



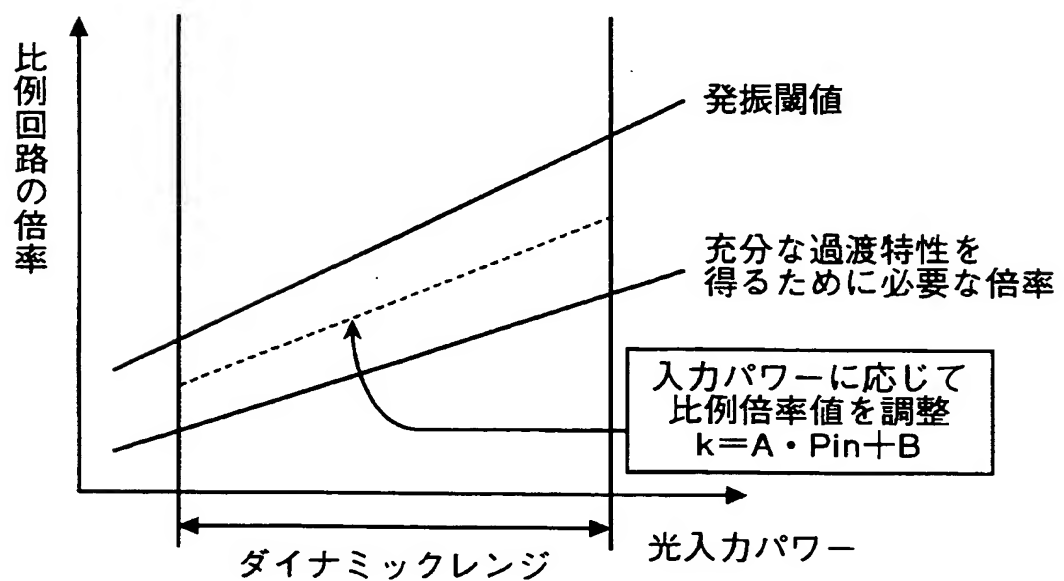
【図 6】



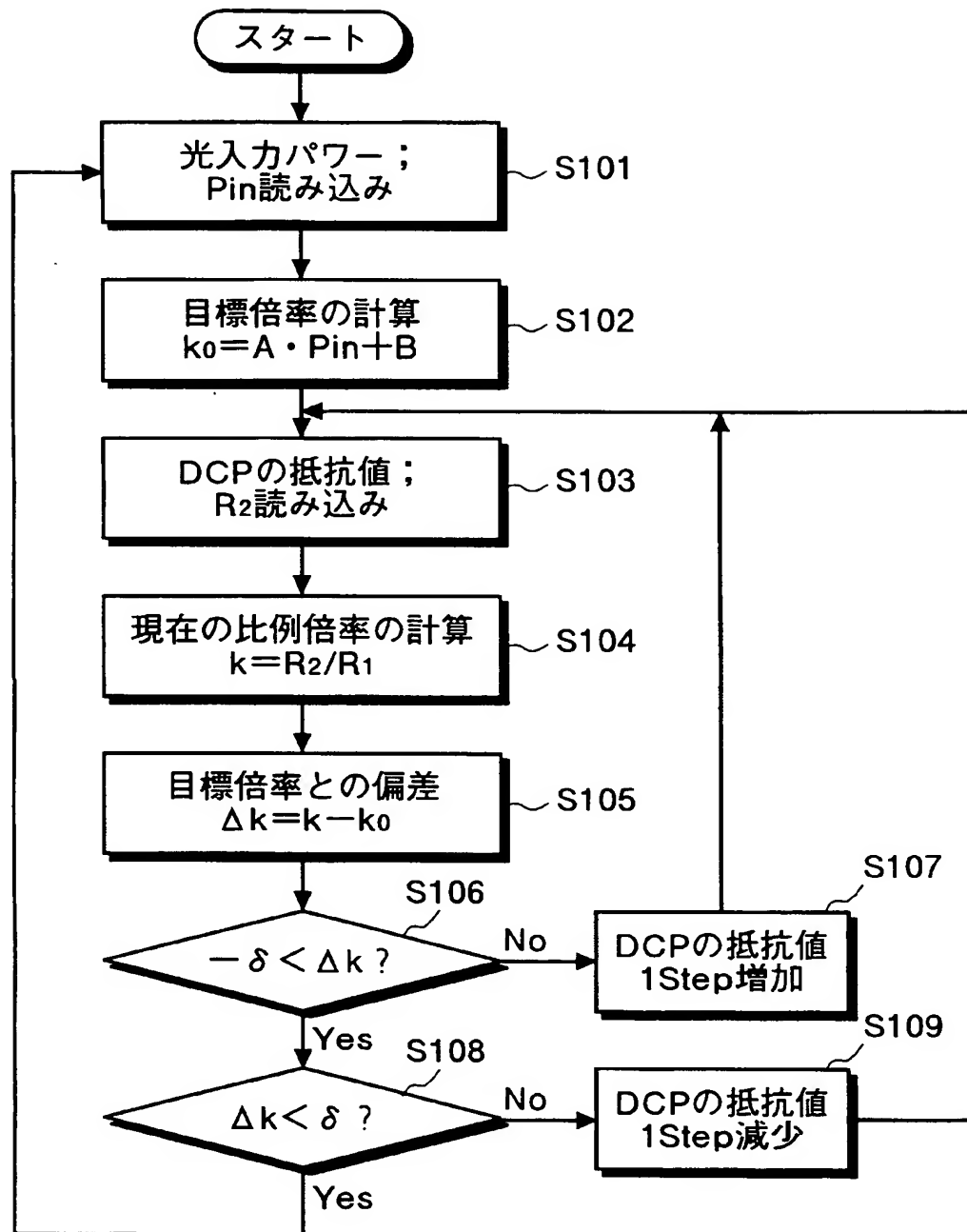
【図 7】



【図 8】

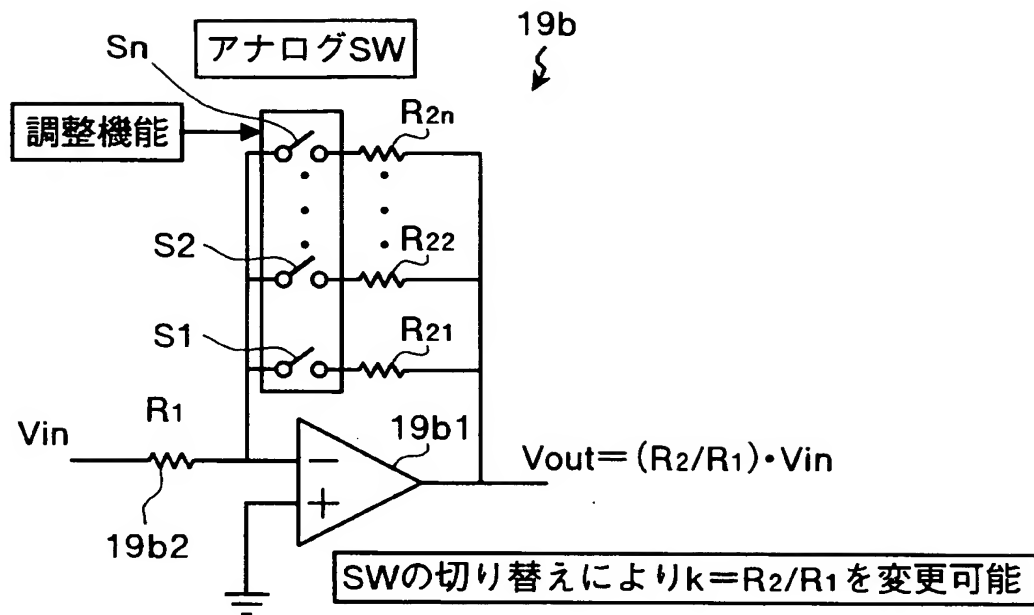


【図 9】

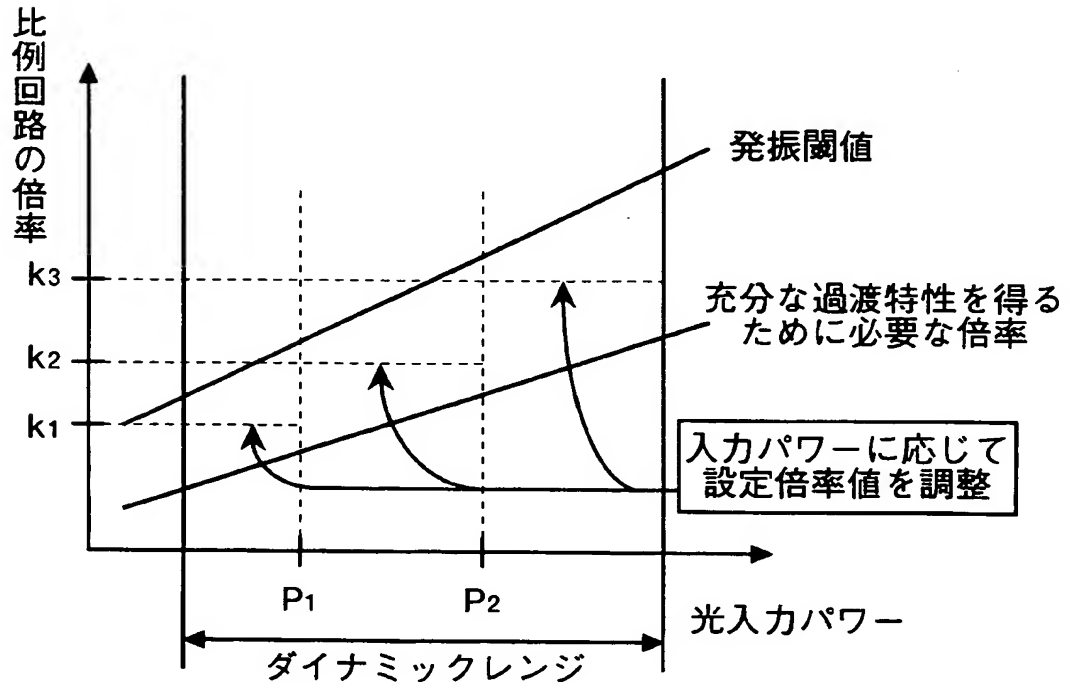




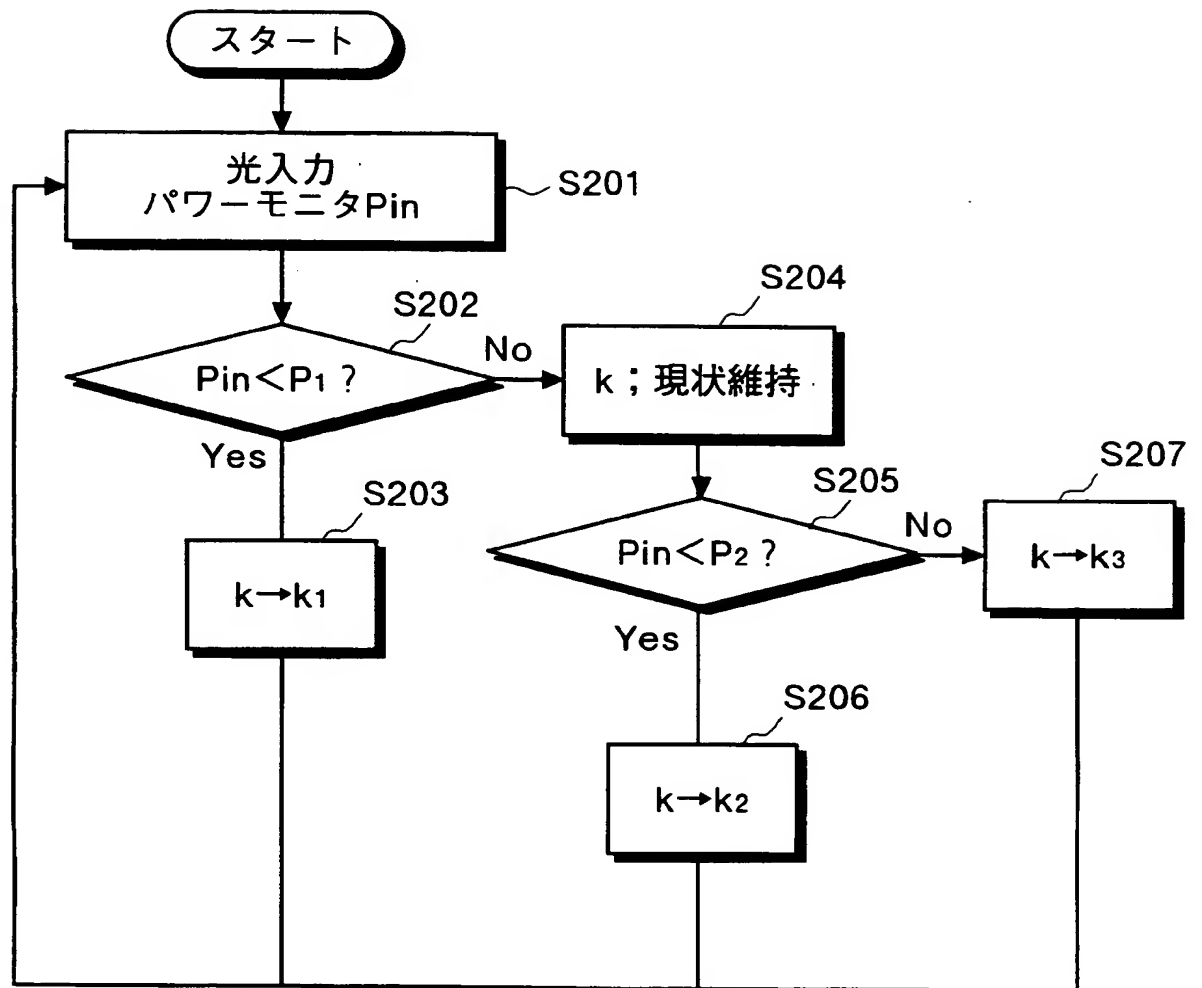
【図10】



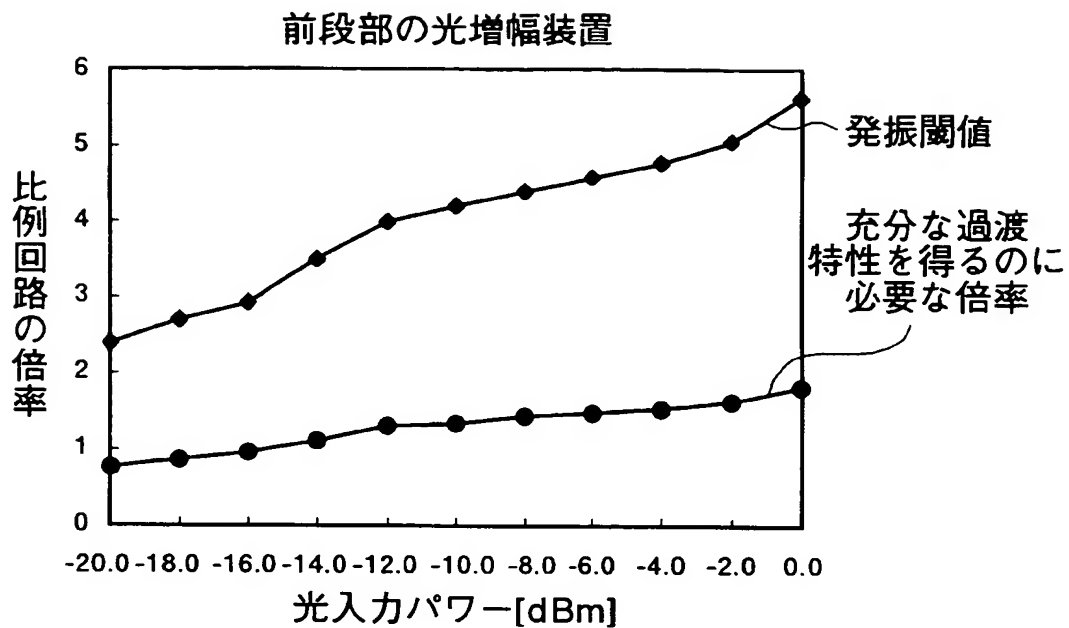
【図11】



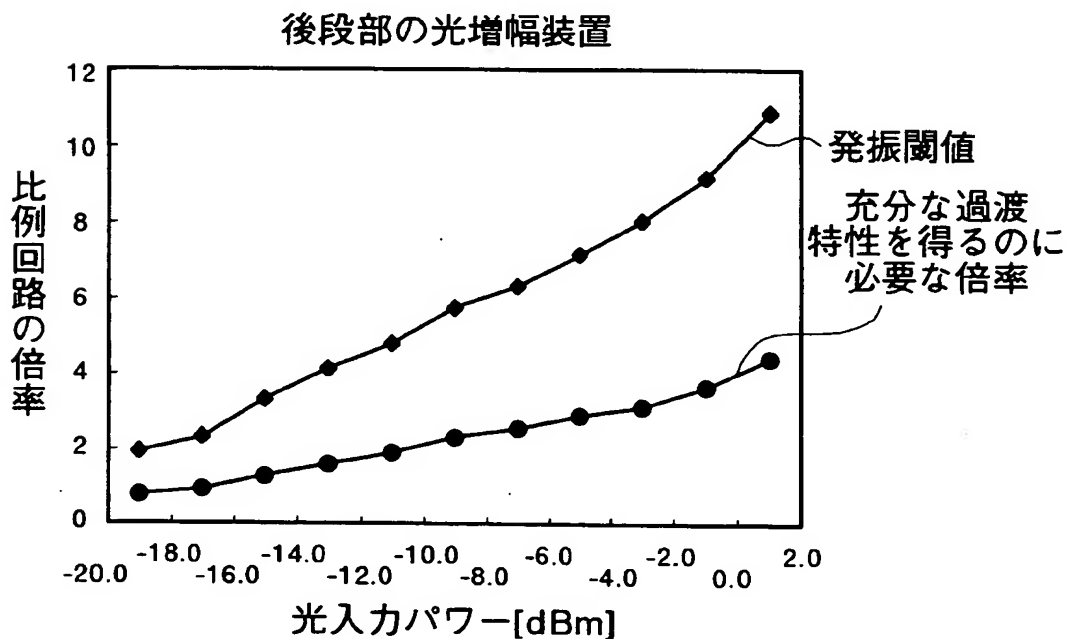
【図 12】



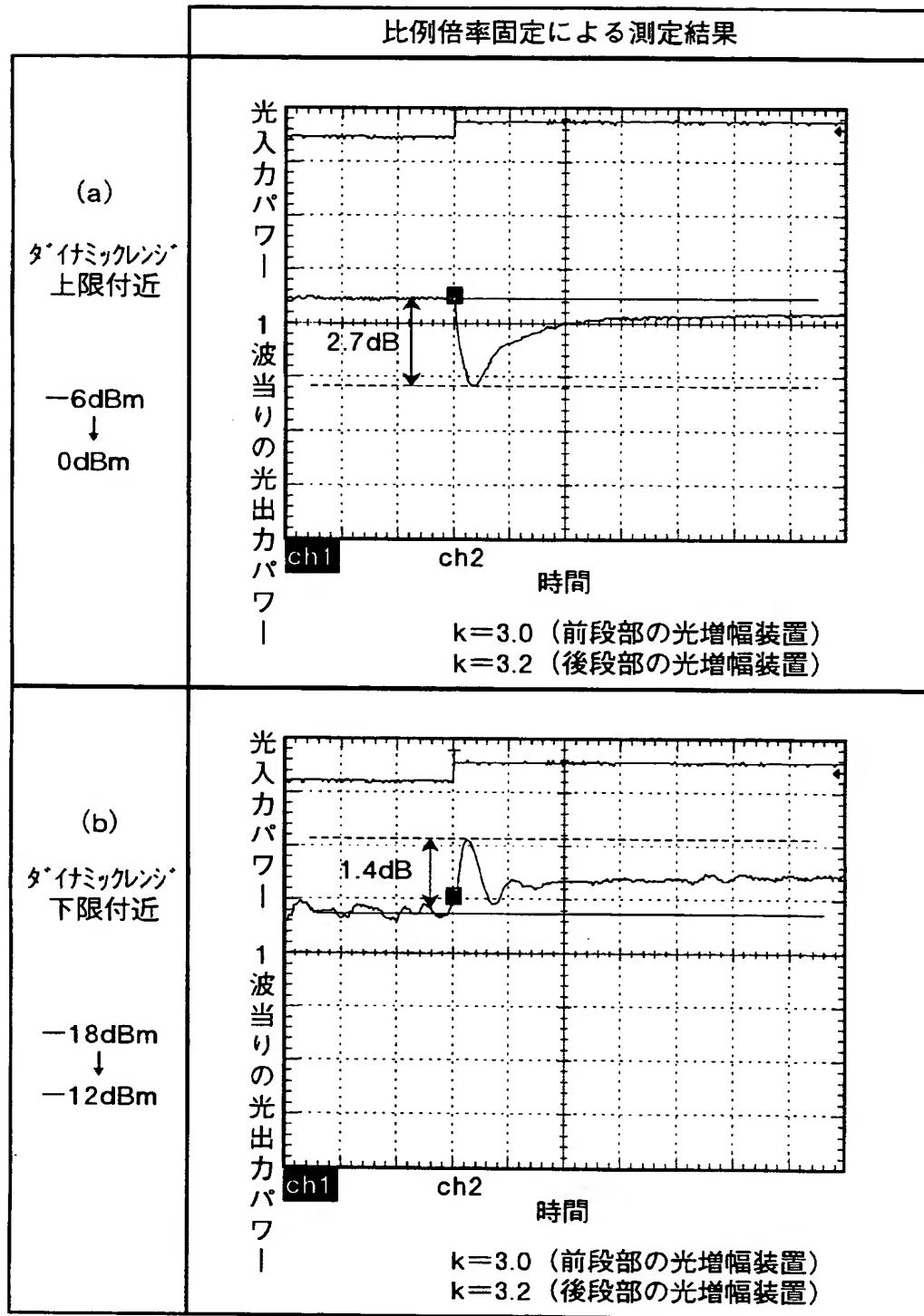
【図 13】



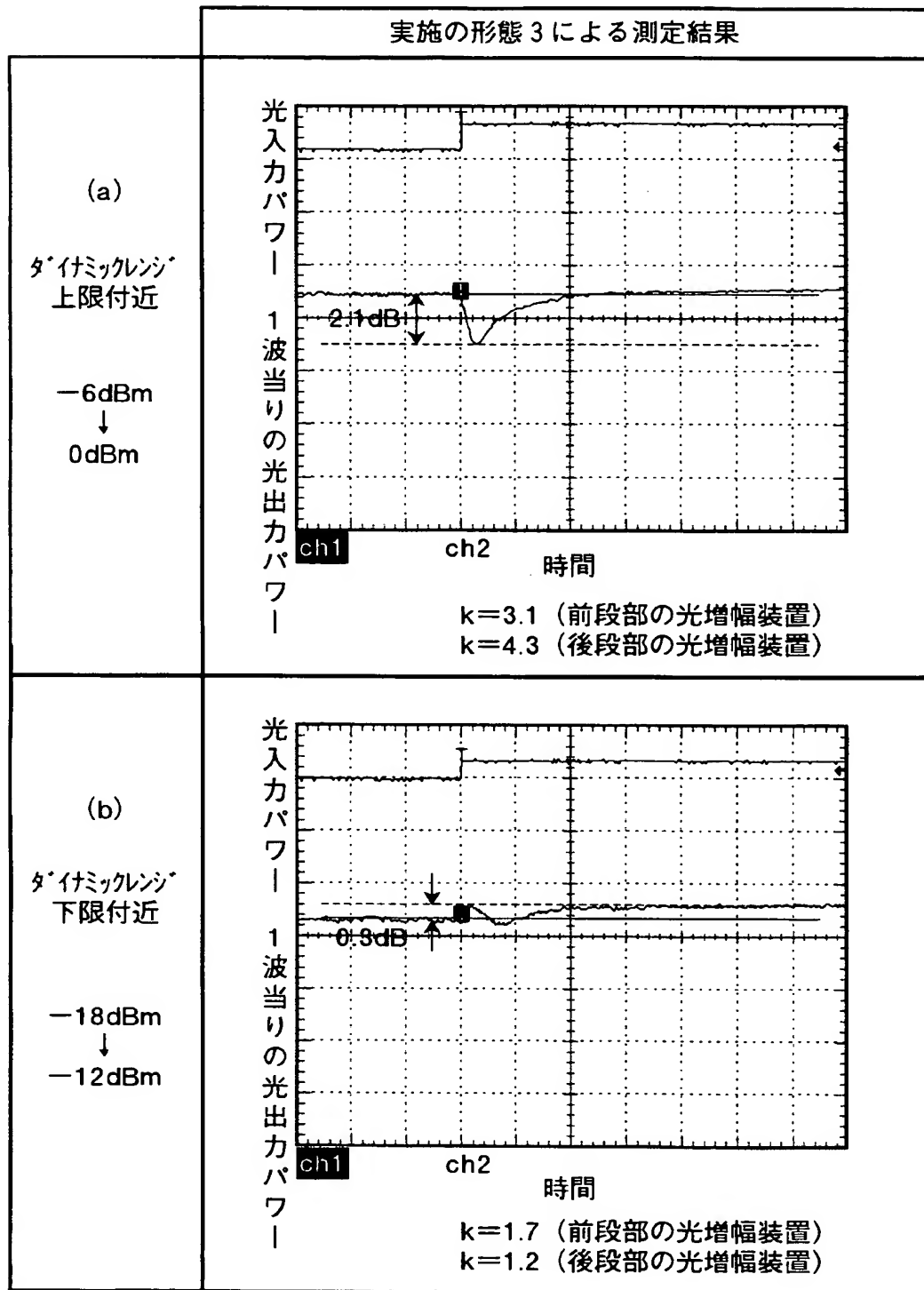
【図 14】



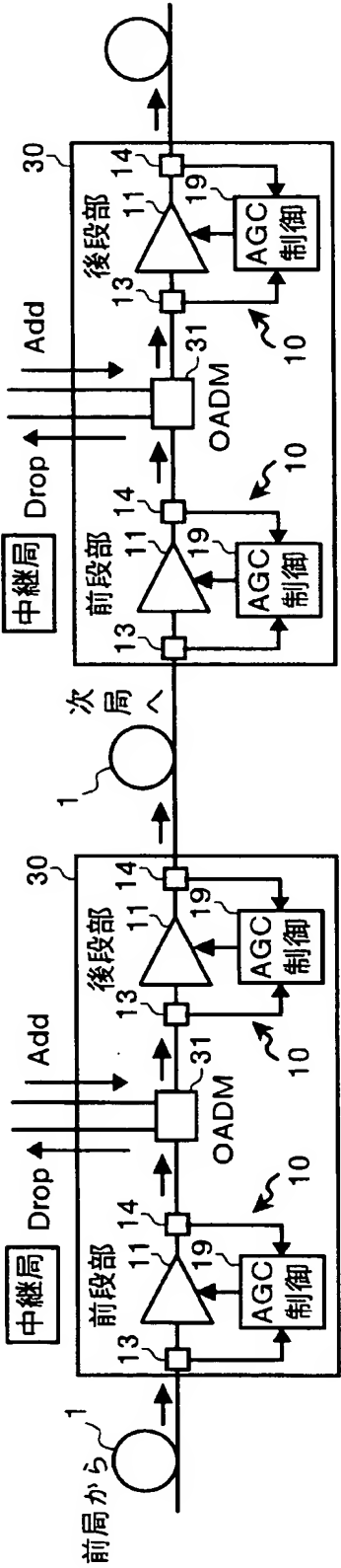
【図 15】



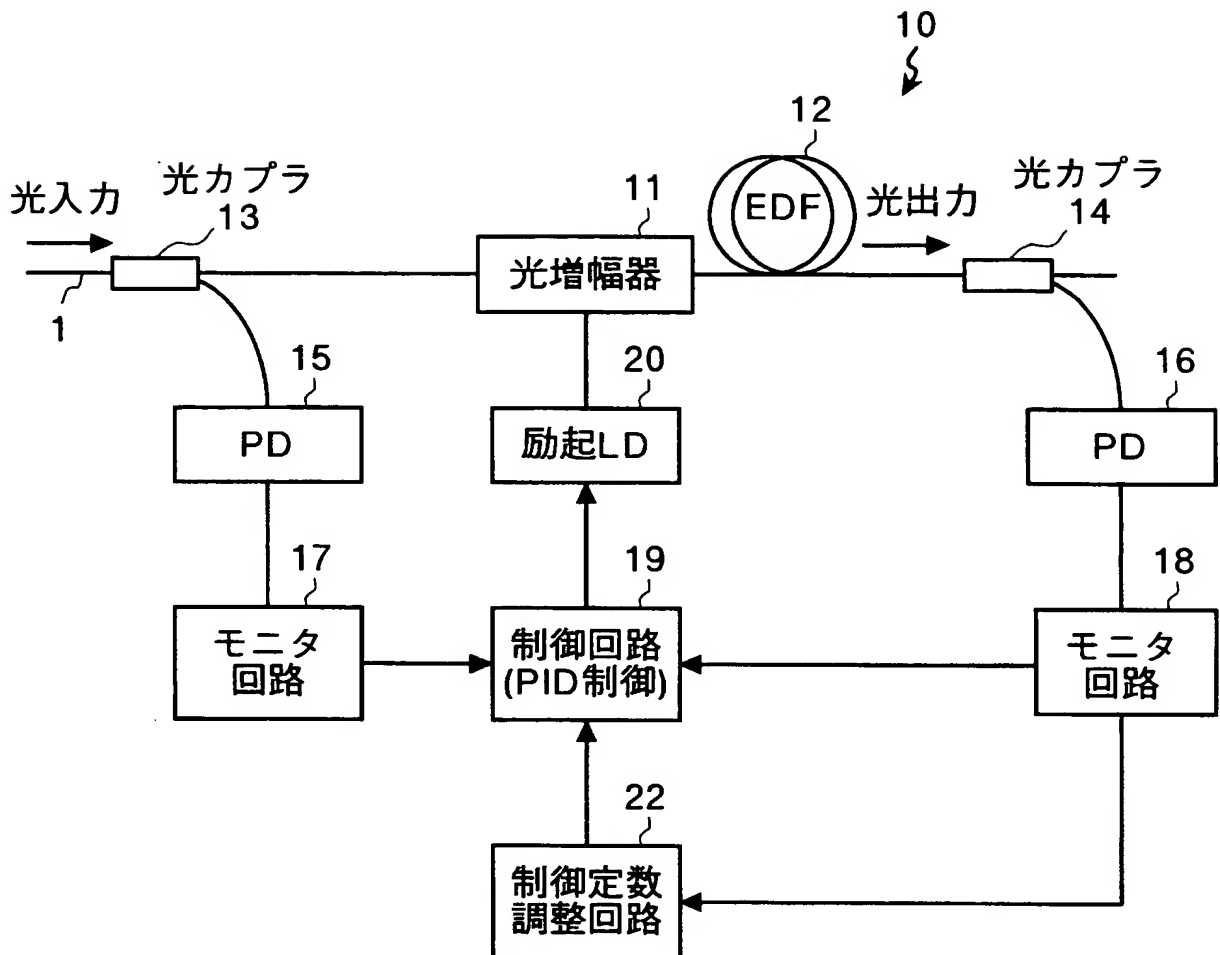
【図 16】



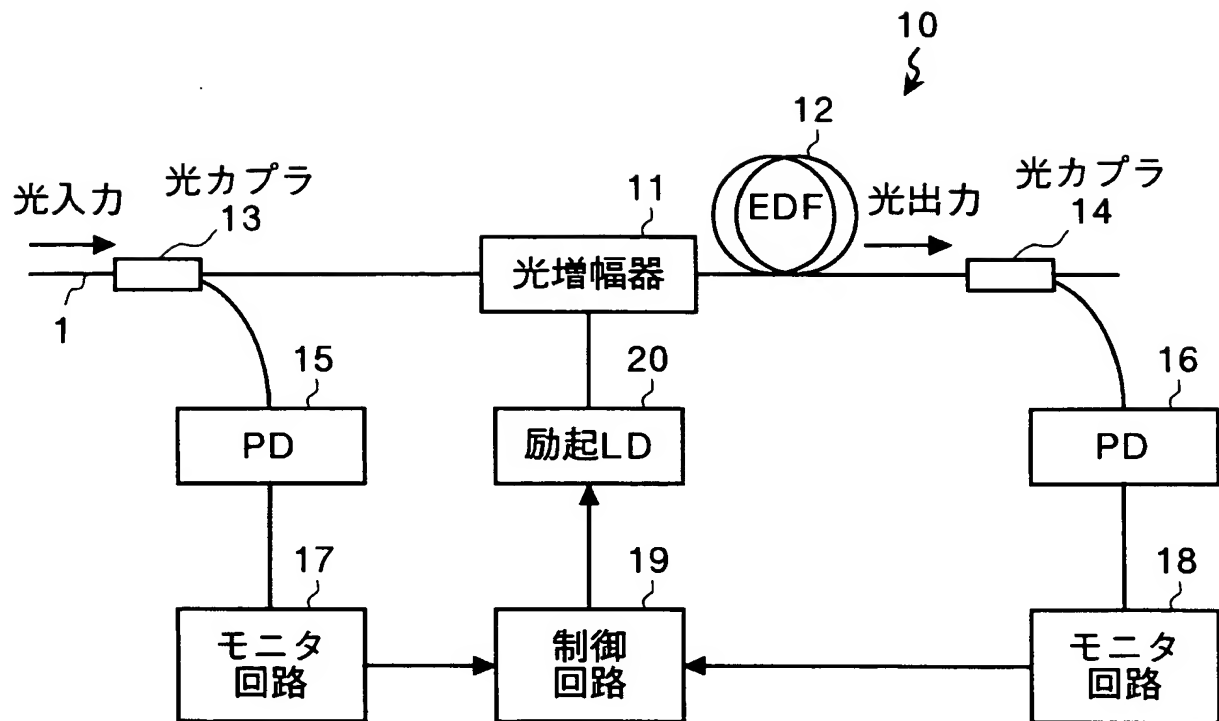
【図 17】



【図 18】

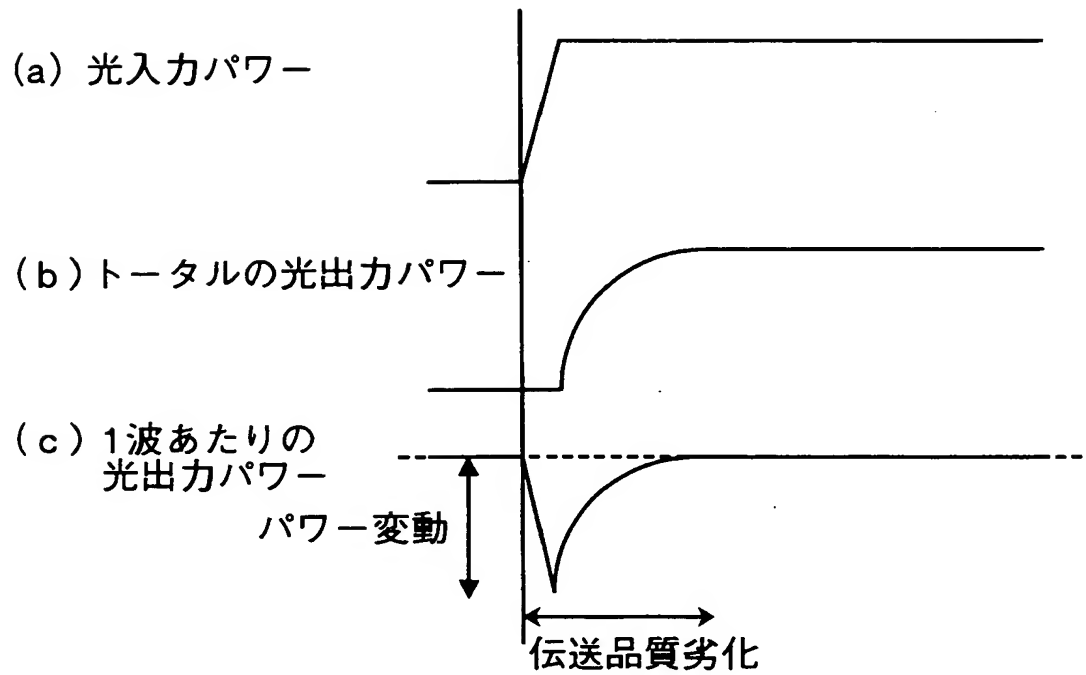


【図 19】

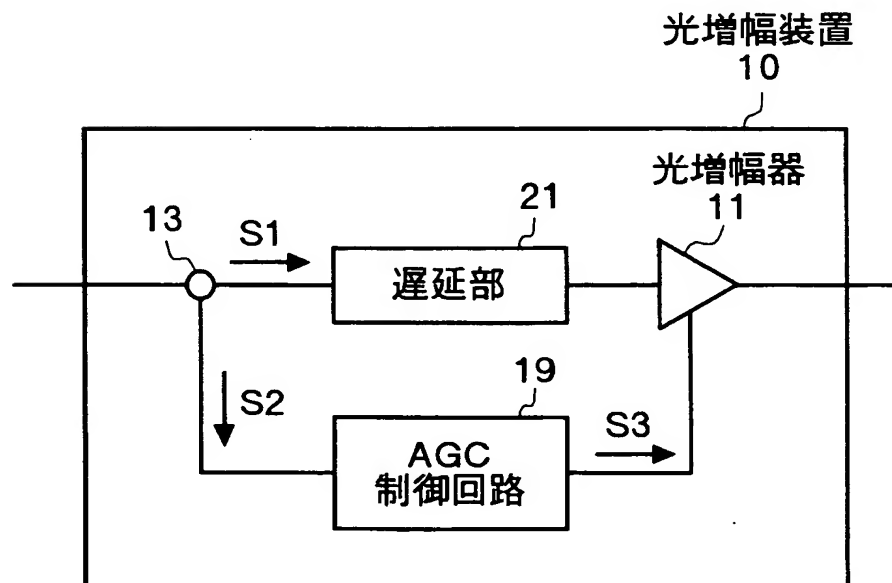




【図 20】



【図 21】



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 運用中に光増幅器への光入力パワーが変化しても、A G C 制御回路の制御定数を適切な値に調整して、光信号伝送の高速化および安定した制御を行うこと。

**【解決手段】** 光増幅装置の A G C 制御回路 1 9 内に比例倍率調整回路 1 9 f を設け、P D 1 5 および対数変換回路 1 7 によってモニタされた光入力パワーに応じて、比例回路 1 9 b の比例倍率を連続的に調整しており、この比例倍率が調整された A G C 制御回路 1 9 は、モニタされた光入出力パワーに基づいて励起 L D 2 0 を制御して、光増幅器 1 1 の利得を所望の値に制御する。

**【選択図】** 図 6

特願 2 0 0 3 - 3 9 7 9 5 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 2 9 0 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号

氏 名

古河電気工業株式会社